Галина Илиева

Облачни технологии: многокритериален избор

Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“

Галина Илиева

ОБЛАЧНИ ТЕХНОЛОГИИ: МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ИЗБОР

GALINA ILIEVA

CLOUD TECHNOLOGIES: MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS

Sofia • 2020
Prof. Marin Drinov Publishing House
of Bulgarian Academy of Sciences

Галина Илиева

ОБЛАЧНИ ТЕХНОЛОГИИ: МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ИЗБОР

София • 2020

Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“

В книгата се изследват характерните особености на облачните технологии, които повече от две десетилетия са съществен фактор за цифровизацията на икономиката. Акцентът е поставен върху добавената стойност, която изчислителните облаци генерират по икономически области. Особено внимание се обръща на методите за многокритериален анализ (МКА), защото неподходящият избор на облачна технология може да предизвика изключително неблагоприятни последици за бизнеса. В резултат на количествено изследване на проблема, са изведени критерии, които лицата, вземащи решения, могат да прилагат за обективен и аргументиран избор на подходяща услуга за работа в облачна среда.
Книгата ще представлява интерес за анализатори, проектанти, разработчици, мениджъри във фирми и други ИТ специалисти, работещи в областта на облачните технологии и изследователи, изучаващи алгоритмите за многокритериално вземане на решения.

Благодарности:
Разработката е финансирана от Фонд „Научни изследвания“ при Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ по договор ФП19-ФИСН-014 „Съвременни инструменти и подходи за икономически и бизнес анализи“, Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014 – 2020 по договор BG05M2OP001-1.002-0002-C 01 „Дигитализация на икономиката в среда на Големи данни (ДИГД)“ и Фонд „Научни изследвания“ по договор КП-06-Н36/2 BG PLANTNET „Създаване на национална информационна мрежа ГЕНБАНКА – растителни генетични ресурси“.

Рецензенти:
проф. д-р Димитър Велев, Университет за национално и световно стопанство
проф. д.м.н. Георги Тотков, Пловдивски университет „П. Хилендарски“

ISBN 978-619-245-079-3

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД 7
1. ЕВОЛЮЦИЯ НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ 11
1.1. Етапи на развитие на ИТ инфраструктурата 11
1.2. Актуално състояние на ИТ инфраструктурата 14
1.3. Проблеми пред дигитализацията на организациите 16
2. ОБЛАЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ КАТО РЕШЕНИЕ ЗА ДИГИТАЛИЗАЦИЯ 19
2.1. Облачните технологии и тяхното значение за бизнеса 19
2.2. Екосистема на облачните изчисления 21
2.3. Предимства на облачните технологии 30
2.4. Недостатъци на облачните технологии 31
2.5. Характерни особености на най-разпространените облачни услуги 32
3. ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОБЛАЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО БИЗНЕС ОБЛАСТИ 35
3.1. Приложения в производствените предприятия 35
3.2. Приложения в електронната търговия 38
3.2.1. Добри практики за употреба на големи данни в електронната търговия 40
3.2.2. Приложения в Интернет маркетинга 42
3.2.3. Приложения при електронните плащания 44
3.2.4. Приложения във веригата за доставки 44
3.2.5. Приложения в мениджмънта 45
3.3. Приложения във финансите и застраховането 46
3.4. Приложения във висшето образование 50

4. ПРОБЛЕМЪТ ЗА ИЗБОРА НА ОБЛАЧНА ТЕХНОЛОГИЯ И МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ПОДХОД ЗА НЕГОВОТО РЕШАВАНЕ 55

4.1. Подходи за решаване на проблема за избор на облачна технология 56

4.2. Методика за оценка на облачни услуги чрез групов МКА 62

4.3. Многокритериални методи за наредба на алтернативи 66

4.4. Апробация на новата методика за избор на облачна услуга 91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 120

ПРИЛОЖЕНИЕ 123

БИБЛИОГРАФИЯ 126

УВОД

В съвременната динамична пазарна среда, предприятията все повече разчитат на информационните системи и технологии (ИСТ), за да се адаптират бързо към промените и да повишат своята конкурентоспособност. Облачните изчисления, големите данни, машинното обучение и автоматизацията на процеса на вземане на решения са примери на информационни технологии (ИТ) за цифрова трансформация. Тяхното внедряване може да повиши ефективността на производството и да разкрие нови възможности за предприемачество, иновации и създаване на работни места. Успешното приложение на новите ИТ води до намаляване на транзакционните разходи и улеснява достъпа на потребителите както до вътрешния, така и до външния пазар. Електронната търговия може да доведе до разширяване на дейността на предприятията, като предоставя финансови възможности и инструменти за подобряване на рейтинговите позиции с цел привличане на нови клиенти и делови партньори. Дигитализацията може да помогне на малките и средни предприятия (МСП) да преодолеят бариерите по пътя им да разширят дейността си чрез алтернативни механизми за финансиране, като например краудсорсинг. Анализът на големи данни и прилагането на интелигентни методи за извличане на знания и построяване на модели усъвършенстват процеса на вземане на решения. Освен това новите облачни решения могат да съкратят разходите за ИТ и в тази връзка, потребността от собствени ИТ кадри. Цифровата трансформация играе централна роля и при внедряването на нови технологии за постигане на устойчиво развитие.

Независимо от немалкия брой изследвания, посветени на облачните изчисления, организациите изостават във възприемането на облачни технологии за съхранение, обработка и анализ на данни в сравнение с внедряването на бизнес софтуер. От една страна, това се дължи на високите капиталови разходи, инвестирани за автоматизация, интеграция и обработка на потоци от данни от софтуерни системи, машини, транспортни устройства и др. От друга страна, производствените предприятия оценяват ползите от анализа на данните, но отчитат и факта, че евентуалният неуспех при внедряването му представлява риск за тяхната оперативна и финансова ефективност. Според Gartner, 60% от проектите за големи данни не стигат до успешен финал поради липса на подходящи ИТ умения, невъзможност да се разберат изискванията на заинтересованите страни и наличието на множество наследени системи [Goasduff 2015].

Всички тези фактори пораждат нежеланието на някои предприятия да внедрят облачни технологии в дейността си. Неподходящият избор и надграждането на съществуващи фирмени системи с облачни технологии може да доведат до сериозни последствия на по-късен етап, когато опитите за корекции са доста скъпи. Платформите за анализ на данни в производството имат много предимства, като сигурност, висока производителност, надеждност, мащабируемост, евтина поддръжка и ниски разходи за разработка. Тяхното внедряване обаче крие и непредвидени рискове. Например неподходящата технология може да се отрази негативно на производителността и обработката в реално време на сензорни данни. Неправилният избор на алгоритъм за анализ на данни от сензори в производствена линия може да повлияе отрицателно на работата в реално време на системите за управление.

Следователно оценяването, сравнението и селекцията на подходяща облачна технология за дадена организация е актуален изследователски проблем. Нещо повече, поради нарастващия брой на високотехнологичните решения за съхранение и бърза обработка на огромни масиви информация, изборът на подходяща облачна услуга се превръща в предизвикателство за много организации. Създаването на цялостна методика за избор на облачна технология ще позволи да се конструират разнообразни критериални системи за селекция на софтуерни и хардуерни средства за съхранение, анализ и обработка на данни в облака. С помощта на новата методика се решава задачата за избор на облачна услуга за съхранение на данни с фокус върху функционалните характеристики на сравняваните хранилища.

Актуалността на проблема произтича, от една страна, от социално-икономическото значение на цифровата трансформация. Анализът на процеса на дигитализация е важен за бизнеса заради новата икономическа реалност – в момента около една пета от глобалния БВП се създава от дигиталната икономика. Бурно се развива и електронната търговия, като през 2019 г. в страната се отчита 30% ръст на търговията на дребно (при 14% ръст в Европа)[1]. В страните с най-висок ръст в онлайн търговията (Мексико, Индия и Филипините) увеличението е още по-съществено (съответно 35%, 32% и 31% за 2019 г.)[2]. Тези темпове са в пъти по-високи в сравнение с ръста на традиционната търговия.

От друга страна, актуалността на тематиката е следствие от факта, че проектирането и създаването на модел за цифрова трансформация на дадена организация е комплексна задача с висока сложност. Нейното решение зависи от голям брой критерии и ограничения, като например законодателни и технологични изисквания. То е функция и на много други параметри, като

[1] Йорданова, В. (2020). Е-търговията с ръст от 30% за 2019-а, какво купуваме? 10 януари 2020 г. https://www.dnes.bg/notifikacii/2020/01/10/e-tyrgoviiata-s-ryst-ot-30-za-2019-a-kakvo-kupuvame.435539 Посетен на 31.03.2020 г.

[2] Суперхостинг (2020). 55 статистики за онлайн търговията [2019]. 23 януари 2020 г. https://blog.superhosting.bg/ecommerce-internet-statistics-2019.html Посетен на 31.03.2020 г.

съществуващите бизнес проблеми, наличните данни за тяхното описание и цялостния работен процес в организацията.

Актуалността на проучването се засилва и от практическата значимост, която имат облачните технологии в условията на неочаквани и чести промени в икономическата среда. С помощта на облачна инфраструктура в условията на извънредната ситуация, породена от пандемията на COVID-19, служителите могат да осъществяват своите трудови задължения от разстояние, като се гарантира непрекъснатост на бизнес процесите и сигурност на данните.

Обект на изследване в настоящия труд са облачните технологии като елемент на цифровата трансформация на съвременните организации.

Предмет на изследване е приложението на многокритериалните методи за вземане на решения, които позволяват да се уточнят предпочитанията на потребителите и да се избере облачна услуга, която най-добре съответства на техните изисквания.

Целта на изследването е да се създаде методика за определяне на облачна услуга, подходяща за подпомагане на дигитализацията на дадена организация. С помощта на предложената методика лицата, вземащи решения, ще имат възможност да определят оптималния облачен модел според предварително дефинираните критерии, като отчитат спецификата на работните процеси.

Постигането на така формулираната цел изисква с изследването да бъдат решени три конкретни изследователски задачи:

Първа задача. Да се извърши проучване на актуалните научни изследвания в областта на облачните изчисления. С помощта на сравнителен анализ между различните облачни видове, модели и продукти, да се откроят специфичните особености на облачните услуги.

Втора задача. Да се направи анализ на съвременни алгоритми и модели за многокритериално вземане на решения. Анализът трябва да акцентира и върху несигурността и неточността, съпътстващи процеса на оценяване на алтернативи и възможните подходи за справяне с проблема.

Трета задача. Да се разработи и апробира цялостна методика за оценка, сравнение и избор на подходяща изчислителна услуга в облака за дигитализация на основни икономически области.

В методологичен план в изследването се прилага следния изследователски инструментариум: преглед, сравнителен анализ и обобщаване на данни от различни източници на информация, като обработката и пресмятанията се извършват чрез табличния процесор MS Excel 2019.

В структурно отношение настоящият труд се състои от увод, четири глави, заключение, приложение и библиография.

Първата глава на труда е посветена на еволюцията на ИТ инфраструктурата. В нея се проследяват основните етапи от трансформацията на бизнес процесите и се изяснява ролята на информационните системи и технологии за дигитализацията.

Втората глава включва анализ на характеристиките на облачните технологии и техните ефекти върху конкурентоспособността на организациите. Сравнени са някои от най-разпространените облачни услуги по видове, съответно инфраструктура, платформа и софтуер като услуга.

В **третата глава** се проучва спецификата на приложенията на облачните технологии по бизнес области. Анализирани са добри практики за приложение на разнообразни облачни услуги за автоматизация на различни бизнес процеси.

В **четвъртата глава** се поставя проблемът за избора на изчислителна услуга в облака и са представени подходи за неговото решаване. Предлага се задачата за подбор на подходяща облачна услуга да се реши чрез нова методика за сравнение и избор с помощта на математически методи за групов многокритериален анализ с точни и размити оценки.

Предимствата на предложения размит групов подход за решаване на задачата за избор на облачна услуга са следните:

- приложимост дори при малък брой обекти или наблюдения, докато алтернативният вероятностен подход е подходящ само за голям брой хомогенни обекти;

- отчитане на субективизма в оценките на лицата, вземащи решения, чрез групов режим на работа и с помощта на теорията за размитите множества на Заде [Василева 2008].

1. ЕВОЛЮЦИЯ НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

1.1. Етапи на развитие на ИТ инфраструктурата

Често в практиката предприятията съсредоточават своите усилия върху автоматизацията на ключовите бизнес процеси и възприемат цифровизацията като нов етап на фирмената информатизация. В тази връзка се налага да се направи сравнение между трите понятия – автоматизация, цифровизация и цифрова трансформация.

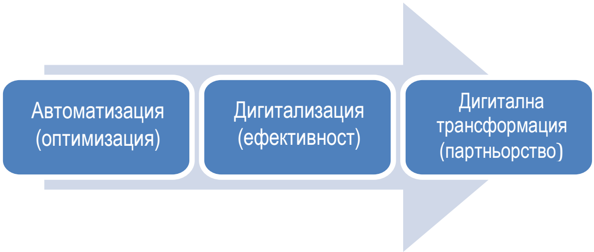
Автоматизацията е едно от направленията на научно-техническия прогрес, което прилага саморегулиращи се технически средства и математически методи с цел освобождаване на човека от участие в процесите на получаване, преобразуване, предаване и използване на енергия, материали, изделия или информация, или съществено намаляване на степента на това участие, или трудоемкостта на изпълняваните операции. Автоматизират се практически всички сфери на живота и човешката дейност. Автоматизацията позволява да се повиши производителността на труда, да се подобри качеството на продукцията, да се оптимизират процесите на управление или да се изключи човекът от опасните за здравето производства.

Цифровизацията е исторически първата стъпка в усъвършенстването на бизнес процесите чрез информационните технологии. Цифровизацията е процес, насочен към дигитализиране на всички информационни и някои материални ресурси (създаване на цифрови копия) и формиране на мрежови платформи за взаимодействие с цел получаване на прогнозируем и гарантиран резултат на всяко управляващо въздействие при използване на средства за автоматизация (Фигура 1) [Руденко и Грибанов 2019].

След като информацията е успешно трансформирана, стартира следващият еволюционен период – дигитализацията. Дигитализацията е процес, при който информационните технологии се прилагат непосредствено за подкрепа на бизнеса – за обслужване на бизнес процесите, за откриване на нови пазарни ниши, за минимизиране на разходите и загубите (Фигура 1).

Дигиталната трансформация е следващият, трети период от еволюцията на бизнес процесите и моделите. С дигитална трансформация се означава възможността да се използват всички бизнес решения, натрупани през годините, в комбинация с подходяща ИТ стратегия така, че компанията да може да реагира максимално бързо и адекватно на промените на пазара и новите предизвикателства, които те пораждат (Фигура 1).

Поради необходимостта от преход към цифрова икономика в новите икономически условия всички субекти на социално-икономическата система, които се стремят към устойчиво функциониране, са принудени да преминат през процеса на цифрова трансформация. Цифрова трансформация – това е



Фигура 1. Основни етапи в усъвършенстването на бизнес процесите

внедряването на съвременни цифрови технологии в бизнес процесите на социално-икономическите системи. Този подход означава не само инвестиции в съвременно оборудване или програмно осигуряване, но и фундаментални промени в начина на управление, корпоративната култура, външните комуникации. В резултат, нараства производителността на служителите и степента на удовлетвореност на клиентите, а предприятието придобива репутация на модерна съвременна организация. На практика това означава създаване на система от взаимосвързани бизнес процеси, която може да се нарече цифрова екосистема на бизнеса.

Цифровизацията на бизнес процесите е актуален проблем не само на ниво отделно предприятие – цели отрасли също избират този път на развитие като единствена възможна алтернатива, съответстваща на бързо променящите се условия в света. Благодарение на този факт, цифровата трансформация на промишлеността, търговията на дребно, публичната администрация и други сфери днес променя живота на всеки човек и дейността на всяко предприятие.

Всичко горепосочено предопределя необходимостта от изучаване на проблемите, породени от цифровата трансформация и нейното приложение в различните области на социално-икономическия живот на обществото от гледна точка на системния подход [Руденко и Грибанов 2019].

Терминът „цифровизация“ се използва за описание на конверсия, която не се свежда до механична замяна на аналогов или физически ресурс с цифров или информационен. Например книгите не просто се превръщат в електронни книги, а се трансформират в интерактивни мултимедийни файлове със свое собствено съдържание. В социално-икономическите системи бизнес процесите се преобразуват в онлайн диалози между страни, които преди не са комуникирали помежду си. Докато организациите, желаещи да станат „цифрови“, трябва да се фокусират върху автоматизацията на работните процеси с цел да се повиши тяхната ефективност, то предприятията, имащи за цел цифрова трансформация, следва да постигнат по-голяма възвръщаемост, ангажирайки и клиенти, и партньори.

След като автоматизацията предоставя на бизнеса подобрени инструменти за контрол, а дигитализацията е в основата на стратегията за повишаване на конкурентоспособността, цялостната дигитална трансформация открива пред компаниите нови хоризонти, превръщайки ги в лидери в сферата им на дейност. Според [Westerman и др. 2014] дигиталната бизнес трансформация предполага преобразуването на девет ключови елемента (Таблица 1).

Таблица 1. Области на приложение на дигиталната бизнес трансформация

Категория	Дейности
Трансформация на взаимодействието с потребителите	Разбиране на клиентите
	Увеличаване на приходите
	Дейности в точките за взаимодействие с клиентите
Трансформация на оперативните бизнес процеси	Дигитализация на процесите
	Участие на служителите
	Управление на производителността
Трансформация на бизнес моделите	Цифрово модифицирани работни процеси
	Нов цифров бизнес
	Цифрова глобализация

За да се промени успешно дейността на дадено предприятие, клиентът трябва да е в центъра на технологичното развитие и иновациите. Например качественото обслужване и задълбоченото изучаване на потребностите на целевите сегменти генерират допълнителни приходи от продажби.

С трансформация на оперативните процеси се означава автоматизацията на производството, виртуализацията (нови модели) на работните места и възможността своевременно да се анализират фирмените данни за доставчици, дистрибутори, клиенти, региони.

Конверсията на бизнес моделите обхваща една или няколко дейности, свързани с постигането на конкретна бизнес цел, като управлението, автоматизацията и оптимизацията на бизнес процесите се реализират според стратегията за дигитална трансформация (Таблица 1).

Дигиталната трансформация позволява потенциалът на цифровите технологии да се разкрие в максимална степен във всички аспекти на бизнеса – процеси, продукти и услуги, подходи за вземане на решения. Основните предимства на дигиталната трансформация са следните: оптимизация на бизнес процесите, търсене на нови източници на приходи, персонализирано обслужване на клиентите. При това трябва да се отбележи, че преходът не се свежда само до наличието на цифрови технологии. За да бъде процесът на трансформация пълноценен, е необходимо бизнес задачите да са ясно формулирани и да е налице механизъм за ефективен контрол на напредъка. Следователно дигиталната трансформация може да се разглежда като пресечна точка на три измерения – информационни технологии, мениджмънт и организационни промени.

1.2. Актуално състояние на ИТ инфраструктурата

В България процесите на цифрова трансформация все още набират скорост, тъй като българските фирми нямат готовност за тази важна крачка[3,4]. Според проучване на Siemens България и Германо-българската индустриално търговска камара (ГБИТК) за нивото на цифровизация в България, проведено през 2018 г., българският бизнес полага усилия да бъде в крак с глобалните тенденции в сферата на цифровата трансформация и възможностите, които тя предлага. Резултатите от проучването ясно показват, че дигитализацията съвсем не е непозната концепция за компаниите в България. Значителна част от анкетираните (42,1%) заявяват, че са напълно наясно с концепцията, а повече от половината (55,3%) отговарят, че са запознати/добре запознати с нея.

Цифровизацията е позната концепция за българските компании – само 2,6% от респондентите имат частично разбиране за нея и нито един от анкетираните не е заявил, че е напълно неосведомен за концепцията. Въпреки че повечето компании в България осъзнават потенциала на цифровизацията за развитие и разрастване на техния бизнес, инвестициите в дигитализацията изостават (60% от анкетираните компании планират да инвестират през следващите 5 години средно между 0 и 3% от оборота си в такива технологии).

По отношение на внедряването на дигиталните технологии в бизнес операциите, може да се направи извод, че компаниите в България са на различни етапи от прилагането на цифровизацията. Като цяло, предприятията у нас са предприели или предприемат стъпки в тази насока, но повечето от тях се намират все още в начална или междинна фаза. Сред силно застъпените технологии са облачните изчисления, където около една трета от анкетираните (30%) са заявили, че са в относително напреднала или много напреднала фаза на внедряването им.

---

[3] .digicompLead: Дигиталната трансформация като мотор на растежа. 31 октомври 2018 г., http://cio.bg/9817_digicomplead_digitalnata_transformaciya_kato_motor_na_rastezha&ref=cat Посетен на 31.03.2020 г.

[4] ЕК: България трябва да ускори цифровизацията на търговията. 11 юни 2019 г., https://www.investor.bg/evropa/334/a/ek-bylgariia-triabva-da-uskori-cifrovizaciiata-na-tyrgoviiata-283788/ Посетен на 31.03.2020 г.

Проучаването показва още, че пред разработването и внедряването на нови дигитални технологии съществуват множество пречки и бариери. Сред основните проблеми за българския бизнес по отношение на по-нататъшното внедряване на дигитални технологии и процеси са недостатъчната зрялост на технологиите и неясните икономически ползи, които възпрепятстват компаниите в България в тяхната дигитална трансформация (респективно 31,6% и 23,7%).

Една от целите на проучаването е да се определи кои аспекти на цифровизацията са ключови за участниците и кои тенденции те считат за особено важни в тяхната бизнес среда. Анализът на големи обеми от данни е с най-висок приоритет за 38% от всички участници в проучването, а 26 на сто класифицират облачните изчисления като първостепенна тенденция.

Въпреки че повечето компании в България осъзнават потенциала на цифровизацията за развитие и разрастване на техния бизнес, близо една трета от тях признават, че нямат цялостна дигитална стратегия. Значителна част от българските компании не познават потенциала на модерните ИТ и не са информирани за ползите, които биха получили в резултат на внедряването им [Парушева и Банкова 2018].

Според резултатите от анализа на Индекса за навлизането на цифровите технологии в икономиката и обществото (Digital Economy and Society Index) за 2018 г., България се нарежда на 26-то място сред 28-те държави-членки на ЕС. В сравнение с предходната година, страната отбелязва напредък по отношение на свързаността и предоставянето на цифрови услуги. Основните предизвикателства пред България са свързани с много ниското ниво на умения в областта на цифровите технологии у населението (както и сред младежите) и ниското ниво на внедряване на цифрови технологии в стопанската дейност. В частност, възможно е ниското ниво на този тип умения, наред с недостига на специалисти по ИКТ и недостатъчните инвестиции в цифровата инфраструктура, да са причини за забавянето на цифровизацията в България както в обществения, така и в частния сектор. Съгласно доклада за България за 2018 г., страната все още не успява да се възползва в максимална степен от предимствата от дигитализацията. Според данни в същия доклад, през 2018 г. броят на цифровизираните предприятия в България е сред най-ниските в ЕС [Ангелов и др. 2020].

В условията на глобализираща се и динамична пазарна среда, ползите от облачните услуги за бизнеса са многобройни:

- адаптивност – компаниите могат да експериментират и в кратък срок да преценят кое е най-подходящото решение за момента;
- мащабируемост – бизнесът може да се развива без ограничения, наложени от наличната ИТ инфраструктура;

- гъвкави разходи – разходите се планират и контролират по-лесно, като се заплаща само за използваните ресурси по предпочетения ценови модел.

С помощта на виртуализацията, стандартизацията, автоматизацията и самообслужването, облачните услуги успешно трансформират бизнеса, като увеличават неговата ефективност, намаляват капиталовите разходи и подобряват оползотворяването на ИТ технологиите.

1.3. Проблеми пред дигитализацията на организациите

Внедряването на цифровите технологии генерира обаче проблеми и поражда някои рискове. Проектирането и създаването на интегрирана информационна среда за всяка организация е нетривиална, трудна и трудоемка задача [Тотков и др. 2014]. Нейното решаване трябва да бъде съобразено с голям брой предусловия и ограничения, като например законодателни и технологични изисквания. Доброто информационно осигуряване на организациите не е единствено въпрос на избор на подходящи технологии, а се определя и от правилния анализ на много други фактори – от съществуващите проблеми, през самите данни и тяхната структура, качество и представяне, до цялостната картина на дейностите в една организация [Велев и др. 2008].

Различията в достъпа до цифровите технологии и ограничените възможности за тяхното ефективно използване може да доведат до несправедливо разпределение на благата. Лицата с ниска образователна степен, жителите на малки населени места, лицата с ограничен достъп до Интернет и микро-, малките и средни предприятия могат да попаднат в изолация. Съществуват и опасения, че широкото приложение на новите технологии, автоматизацията и Интернет платформите ще доведе до загуба на работни места, ще засили неравенството на доходите и ще породи концентрация на богатството. Трудностите пред потребителите, служителите и работниците при отстояването на техните интереси ще доведат до нарушаване на неприкосновеността на личния живот. Освен това компаниите, организациите, правителствата и отделните индивиди трябва да са в състояние да реагират на цифровите форми на неприемливо поведение, вкл. престъпно, което също засяга цифровата сфера [Laudon и Laudon 2016].

Освен проблемите, свързани с киберсигурността, трябва да се отчитат и рисковете, произтичащи от т.н. „нова студена война“ до която ескалират споровете между Китай и САЩ във връзка с казуси с технологични компании.

Новите технологии пораждат правни, нормативни и етични проблеми, свързани с нарастващата способност на устройствата и алгоритмите да вземат решения при използване на машинно обучение и анализ на големи обеми от данни.

От особено значение за страните от Европейския съюз (ЕС) е проблемът за индустриализацията на европейската промишленост, тъй като тя е важен сектор за икономиката на Европа и трябва да се поддържа в конкурентоспособно състояние. В тази връзка, през 2018 г. се създава Стратегия за обща индустриална политика на Европейската комисия[5]. Новата стратегия представя дългосрочна визия за европейската индустрия до 2030 г. и има за цел повече иновации в производството, цифровизация на индустрията, създаване на работни места, подобряване на достъпа до финансиране за предприятията, въвеждане на устойчиви технологии.

В новата индустриална стратегия се призовава за активизиране на усилията и бързо изпълнение на приоритетите на политиката по отношение на цифровизацията на промишлеността, като се отдели специално внимание на засилването на инициативи като центровете за цифрови иновации и други инициативи в рамките на европейската платформа за цифровизиране на промишлеността в подкрепа на МСП при преминаването им към цифрови технологии.

Според промишлената стратегия на ЕС, за да функционират в основаната на данни икономика, предприятията трябва да поставят акцент върху иновативното разработване и внедряването на ориентирани към бъдещето технологии, включително Интернет на нещата (IoT), изкуствен интелект, роботика, големи информационни масиви и платформи, свързани и автономни системи, цифрови решения от пето поколение (5G), триизмерен (3D) печат, стандартизация, сигурност на ИКТ и блокчейн. Предвид превръщането на данните в нов конкурентен фактор в съвременния свързан свят, съхраняването на данни, компютърните услуги в „облак“, както и възможностите за обработка следва да бъдат засилени в ЕС, за да се осигури високо ниво на киберсигурност, защита на данните и надеждни ИКТ услуги поради наличието на значителен риск от извършвани с помощта на ИКТ нарушения и присвояване на интелектуална собственост[6].

Според данните от анкетно проучване, проведено сред 76 компании от 30 индустрии, 70% от които са малки и средни предприятия с под 500 души персонал, организирана от Германо-българската камара и „Сименс България“, само 11,8% от компаниите декларират, че имат цялостна дигитална стратегия за развитието на бизнеса си, а 53,9% имат частични. За разлика от предприемачите в ЕС обаче, които под стратегия разбират период от поне 10 години,

---

[5] Промишлена политика на ЕС. https://www.consilium.europa.eu/bg/policies/eu-industrial-policy/ Посетен на 31.03.2020 г.

[6] Стратегия на ЕС за промишлената политика: Съветът приема заключения. 12 март 2018 г., https://www.consilium.europa.eu/bg/press/press-releases/2018/03/12/eu-industrial-policy-strategy-council-adopts-conclusions/ Посетен на 31.03.2020 г.

българските мениджъри (78%) визират план за близките 1 до 5 години. Въпреки оптимизма по повод дигитализацията, най-много 40% от изследваните компании биха реинвестирали едва 2–3% от оборота си за тази цел, а едва 4,6% биха отделили над 10%. Може би по-сериозният проблем е, че според изследването, българските компании се фокусират предимно върху внедряването на мобилни приложения и Интернет на нещата, а нови технологии като блокчейн и кибер-физични системи остават извън обхвата и интереса им.

Като основна пречка пред по-широкото използване на дигитални технологии и процеси, българският бизнес сочи липсата на квалифицирана работна ръка (50%), следвана от размера на инвестицията (46,1%). Сигурността на данните е фактор за едва 22,4% от компаниите. За разлика от германските компании, които в голямата си част вече отчитат увеличаване на оборотите си с помощта на цифровите технологии, близо 40% от българските мениджъри смятат, че дигиталната трансформация ще има „никакъв, пренебрежим или малък ефект“ върху фирмените печалби [Парушева и Банкова 2018].

През 2019 г. България заема 47-мо място от 115 държави в класацията за дигитализация на бизнеса според индекса “Enabling Digitalization Index” (EDI)[7]. Индексът оценява условията за работа и развитие на дигиталните компании, както и възможностите за дигитализация на бизнеса в съответните държави. За целта се използват следните пет критерия: регулации, знание, свързаност, инфраструктура и мащаб. Максималният възможен резултат е 100 точки. Индексът EDI се фокусира върху условията за развитие на бизнеса с помощта на дигитализацията и върху рисковете от евентуално забавяне. Наред с данни за дела на дигиталната икономика в БВП, се взимат предвид фактори като ръста на електронната търговия, новите услуги, навлизането на големите данни и облачните технологии, роботизацията и автоматизацията и влиянието върху производителността, както и развитието на образованието и развойната дейност. С добри оценки за регулация и свързаност, България изпреварва Сърбия, Румъния, Турция, Хърватия и Черна гора. Значително пред нас в класацията обаче са останалите държави в региона – Чехия, Словения и Унгария. Оценката на анализаторите за региона като цяло е положителна, като се отбелязва успешната стратегия на страните за развитие на инфраструктурата, свързаността и знанията. Знанията обаче са сферата, в която България демонстрира сериозно изоставане.

Независимо от активизацията на усилията за изпълнение на Европейската политика по отношение на цифровизацията, нашата страна все още изостава в приложението на цифровите технологии в сравнение с развитите страни.

---

[7] Dib, G. (2019). Enabling Digitalization Index: beyond potential. September 11, 2019 https://www.eulerhermes.com/en_global/economic-research/insights/2019Enabling-digitalization-index-beyond-potential.html Посетен на 31.03.2020 г.

2. ОБЛАЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ КАТО РЕШЕНИЕ ЗА ДИГИТАЛИЗАЦИЯ

2.1. Облачните технологии и тяхното значение за бизнеса

Към основните технологични направления за дигитализация на бизнеса традиционно се отнасят изкуственият интелект, Интернет на нещата, облачните изчисления и големите данни. Основна роля за успешната реализация на трансформацията играят редица иновативни технологични решения – мобилни приложения, чатботове, Индустрия 4.0, блокчейн. Те повишават конкурентоспособността на стопанските организации като им предоставят нови възможности – да стартират бързо нови продукти, да следят в реално време промените в отношението на потребителите към продуктите и услугите, да вземат своевременни и информирани управленски решения при високо ниво на сигурност на транзакциите.

Терминът „облачни технологии“ най-често означава облачни изчисления (cloud computing) или облачни хранилища на данни (cloud storage). Облачните изчисления предлагат нов модел на потребление, при който разпределени изчислителни ресурси се ползват в реално време посредством Интернет. Според Американския национален институт за стандарти и технологии (National Institute of Standards and Technology) изчисленията в облак представляват модел за активиране на повсеместен, удобен, мрежов достъп при поискване от общ доставчик на конфигурируеми изчислителни ресурси (мрежи, сървъри, съхранение на данни, приложения и услуги), които могат бързо да бъдат предоставяни и освобождавани при минимално взаимодействие между клиента и доставчика на услугата.

Gartner определя облачните изчисления като „стил на изчисления, при който мащабируеми и гъвкави ИКТ базирани ресурси се предоставят под формата на услуги с помощта на Интернет технологии“ [Gartner 2019].

Компютърният облак не е конкретен продукт, а начин за предоставяне на ИТ услуги, които се използват в мрежова среда според необходимостта и следват модел на заплащане според използването. Физически Облакът представлява съвкупност от процесори, оперативна памет и външна памет, свързани към Интернет с бърза широколентова връзка. Тези ресурси се управляват от специализирана операционна система и могат да се използват едновременно от хиляди потребители. Облакът предоставя виртуални машини с необходимата конфигурация, предпочитана операционна система и приложен софтуер, достъпни за всеки абонат срещу заплащане [Манев и др. 2017].

Освен бързината и гъвкавостта, често изтъквана причина за миграция от традиционна изчислителна инфраструктура към облачните технологии, е намаляването на преките разходи. Според науката, която изследва облачната икономика – клаудономиката (Cloudonomics), механизмите, които реализират икономии и генерират ползи за организациите, са следните:

- намаляване на разходите за придобиване и поддръжка на използваните ИСТ;
- превръщане на капиталовите разходи за ИТ в оперативни разходи;
- понижаване на общата цена на притежание (Total Cost of Ownership) на фирмените ИСТ;
- освобождаване на организацията от грижи за ИТ инфраструктурата и увеличаване на приходите посредством фокусиране върху основните фирмени дейности [Kepes 2012].

В големите компании преходът към решение, базирано на облачни технологии, може да доведе до премахване на дейности, които традиционно се изпълняват от отдел „Информационни и комуникационни технологии“. По този начин се спестяват разходи и се освобождават ИКТ ресурси, които може да се пренасочат за изпълнение на други фирмени задачи. Допълнително може да се постигне значително намаляване или дори елиминиране на разходите за поддръжка.

По-малките бизнес организации често не разполагат със собствен ИКТ екип и възлагат дейности, свързани с ИКТ, на външни изпълнители. За тези организации използването на облака за организиране на бизнеса може да осигури достъп до инструменти и технологии, чието внедряване преди това не е било рентабилно (например чрез абонаментна услуга).

Независимо от размера на компанията, основните причини, която налага преминаването към облачни решения, са ИКТ инфраструктурата и нейната поддръжка [Waschke, 2015]. При наличието на собствени хардуерни активи, които изискват поддръжка и генерират разходи, за компаниите е много по-изгодно да преминат към използване на облачни услуги за наемане на хардуер и свързване с център за данни на трети страни.

Според данни на изследователската компания Synergy Research Group, облачната екосистема е надхвърлила 250 млрд. долара през 2018 г., постигайки ръст от 32% спрямо предходната година. Анализирани са приходите на операторите и доставчиците на седем ключови облачни услуги за последните 12 месеца. Инфраструктурата като услуга (IaaS) и платформата като услуга (PaaS) са постигнали най-висок ръст от 50%, следвани от софтуера за управление на хибридния облак – 41%. На трето място се нарежда фирменият софтуер като услуга и публичната облачна инфраструктура, които постигат растеж от 30%, а хостваните публични облачни инфраструктурни услуги ги следват с 29%. Според Дж. Динсдайл, главен анализатор в Synergy Research Group, облакът започва да се разпространява с бързи темпове в периода между 2014 г. и 2016 г., като 2017 е годината, когато облакът става новото „нормално“[8].

Проучване на Cloud Security Alliance (CSA), проведено сред 200 организации, показва, че почти 2/3 от анкетираните компании планират да мигрират ERP системите си в облака или вече го правят, въпреки че много от компаниите имат известни притеснения относно преместването на чувствителни данни, сигурността и спазването на регулаторните изисквания. Очакванията са, че до 2021 г. бизнесът ще инвестира 30 млрд. долара за облачни ERP системи и общо 266 млрд. долара за публични облачни услуги. Най-честият мотив за облачната ERP миграция, посочен от 65% от респондентите, е свързан с възможностите за мащабируемост. След него се нареждат по-ниската цена в сравнение с локалните решения (61%) и сигурността, гарантирана от доставчика (49%) [Yeoh и Baron 2019].

Според проучване на IDG Communications, посветено на облачните услуги, до 2019 г. девет от десет компании ще са преместили приложения или инфраструктура в облака. Останалите ще ги последват до 2021 г., когато на практика всяка фирма ще ползва облачни услуги. Над една трета от респондентите споделят, че ИТ поделението им усеща натиск от страна на бизнес партньорите и инвеститорите да мигрира към облака. Това важи в по-голяма степен за големите компании (с над 1000 служители). Натиск усещат обаче и компаниите с под 1000 служители. 31% от тях твърдят, че мениджмънтът настоява да изнесат 100% от операциите си в облака. Два са основните фактори, поради които компаниите прибягват до софтуера като услуга. От една страна, влияние оказва по-малкото време за ръчни обновявания и поддръжка. Това е двигател за 62% от респондентите. Увеличената продуктивност се определя като важна причина за преминаване към SaaS модел от 55% от респондентите в проучването. Другите два фактора – по-добър достъп и надеждност, както и подобреното потребителско преживяване, са определени като важни общо от 53% от анкетираните[9].

2.2. Екосистема на облачните изчисления

Облачните изчисления се реализират чрез облачни услуги, предоставяни от различни нива на инфраструктурата на облака [Williams 2010, Kavis 2014,

[8] Reno, N. (2019). 2018 Review Shows $250 billion Cloud Market Ecosystem Growing at 32% Annually. January 7, 2019, https://www.srgresearch.com/articles/2018-review-shows-250-billion-cloud-market-ecosystem-growing-32-annually Посетен на 31.03.2020 г.

[9] Дженева, Д. (2018). Малките компании с огромен ръст при внедряванията на облачен компютинг, 31 януари 2018 г. https://cio.bg/analizi/2018/10/31/3432290_malkite_kompanii_s_ogromen_rust_pri_vnedriavaniiata_na/ Посетен на 31.03.2020 г.

Манев и др. 2017]. Според инфраструктурното ниво се различават следните три вида облачни услуги:

- инфраструктура като услуга (Infrastructure as a Service, IaaS) – облачни услуги на ниво хардуерна инфраструктура;
- платформа като услуга (Platform as a Service, PaaS) – облачни услуги на ниво мидълуер;
- софтуер като услуга (Software as a Service, SaaS) – облачни услуги на приложно ниво.

Инфраструктура като услуга (Infrastructure as a Service, IaaS). При тази услуга обект на наем са апаратни средства (сървъри, системи за съхранение на данни, мрежово оборудване), операционни системи и системно програмно осигуряване (средства за виртуализация, средства за управление на ресурси), специализирано програмно осигуряване (например за управление на системите).

В основата на модела IaaS е виртуализацията – софтуерна технология, която разделя даден физически сървър на виртуални ресурси, наречени виртуални машини. Чрез тази технология потребителите могат да емулират различни среди и да стартират множество приложения върху един физически ресурс. IaaS освобождава предприятията от поддръжката на сложни центрове за обработка на данни и мрежова инфраструктура, като намалява текущите и капиталови разходи за ИТ инфраструктурата.

Платформа като услуга (Platform as a Service, PaaS). При тази услуга наемателите на облака ползват както инфраструктура, така и софтуерни приложения, хоствани в облака, за да създават уеб приложения. В този случай не е необходимо разработчиците да притежават оборудване и развойни среди, нито да организират тяхната поддръжка.

Предимствата на модела PaaS са следните:

- мащабируемост;
- отказоустойчивост;
- виртуализация;
- сигурност.

Мащабируемостта предполага автоматично заделяне и освобождаване на необходимите ресурси в зависимост от броя на приложенията, с които работи потребителят.

PaaS предоставя интегрирана платформа за разработване, тестване, инсталиране и поддръжка на уеб приложения, като всички действия се изпълняват в единна интегрирана среда, без да е необходимо да се поддържат няколко среди за отделните етапи на развойния процес. Споделеният достъп до изходния код повишава производителността на процеса на създаване на софтуер на основата на облачния модел.

PaaS е услуга, при която в случай на блокиране на даден облачен сървър, той се заменя с друг веднага, без това да оказва влияние на технологичните операции. Това е възможно, тъй като облакът предоставя изчислителни ресурси, разпределени върху множество хардуерни конфигурации и разположени физически на различни места в пространството. В случай, че някоя от виртуалните машини блокира, тя веднага се заменя с друга, която работи паралелно.

Софтуер като услуга (Software as a Service, SaaS). При тази услуга наемателите на облака плащат за използването на софтуерно приложение, хоствано в облака.

Основното предимство на модела SaaS за клиента се състои в липсата на разходи по повод инсталацията, актуализацията и поддръжката на хардуера и софтуера, който работи на него. Целевата аудитория тук са крайните потребители на софтуер, а достъпът се осъществява чрез Интернет браузър.

Характерните особености на модела SaaS са следните:

- приложението е приспособено за отдалечен достъп;
- приложението може да се ползва едновременно от няколко клиенти;
- ценовите модели са месечен абонамент или според броя на трансакциите;
- поддръжката на приложението влиза в цената;
- обновяването на приложението се осъществява от обслужващия персонал по прозрачен за клиента начин.

За разработчиците на софтуер моделът SaaS представлява и ефективно средство за борба с нелицензираната употреба на софтуер, тъй като в случая клиентът не съхранява, копира или инсталира програмно осигуряване. Програмното осигуряване при модела SaaS е удобна и икономически изгодна алтернатива на вътрешнофирмените информационни системи. При SaaS модела клиентът получава виртуално работно място, напълно оборудвано с необходимия софтуер.

Най-често използваните SaaS приложения са следните:

- е-поща;
- комуникации (VoIP);
- антиспам и антивирусен софтуер;
- Help desk;
- управление на проекти;
- дистанционно обучение;
- CRM системи;
- съхранение и архивиране (backup) на данни [Манев и др. 2017].

Възможностите на облачните услуги се разширяват постоянно и вече включват работен плот като услуга (Desktop as a Service, DaaS), контейнер като услуга (Containers as a Service, CaaS) и др., за да се стигне до всичко като услуга (**Everything as a Service, XaaS**). XaaS обхваща всяка компютърна услуга (ИТ функция), която се доставя по Интернет и се заплаща според гъвкав модел на потребление.

Бизнес процес като услуга (Business Process as a Service, BPaaS). При тази услуга в облачна среда се решават типови бизнес задачи. Потребност от въвеждането на този модел възниква, когато предприятие-потребител реши да автоматизира еднотипни и повтарящи се задачи. Една и съща услуга може да се използва от няколко клиента на BPaaS-доставчика. Заплащането се осъществява по фиксирана цена за период или според потреблението на услугата.

BPaaS е крачка напред спрямо модела SaaS, тъй като освен ИТ проблеми, се решават и проблеми от конкретна предметна област. Обемът на прехвърлените на BPaaS-доставчика компетенции се определя от клиента и може да се променя в случай на необходимост. Недостатък на модела е частичната загуба на контрол над процеса и възможността да се допускат грешки.

Моделът BPaaS се предпочита при сравнително голям обем работа, ако процесът не е от ключово значение за компанията. Например малко предприятие предпочита BPaaS, за да ограничи загубите от процеса, а голяма компания – за да не се ангажира с нетипична дейност и да се съсредоточи върху своите стратегически цели. Тясно профилираните специалисти работят интензивно в своите области на компетенции, а администраторите следят за работоспособността на системата.

Компютърна мрежа като услуга (Network as a Service, NaaS). При тази услуга става дума за предоставяне на виртуална компютърна мрежа от собственици на мрежова инфраструктура на трети страни. Често това включва виртуализация на мрежата с помощта на специални протоколи. Най-разпространените облачни услуги от този вид са следните:

Виртуална частна мрежа като услуга (Virtual Private Network as a Service, VPNaaS). Осигурява настройка и достъп до приложения и услуги, разположени както във вътрешнофирмената компютърна мрежа, така и в центрове за данни, намиращи се в различни облаци. Предимствата на VPNaaS са следните: 1) гарантира висока наличност чрез архивиране с цел непрекъснатост на работния процес; 2) предлага отдалечен достъп до фирмената електронна поща и Интернет; 3) увеличава производителността на бизнес процесите.

Честотна лента при поискване като услуга (Bandwidth on Demand as a Service, BoDaaS). С честотна лента при поискване като услуга се предоставя мрежов капацитет въз основа на изискванията за скорост на обмен между различни възли или потребители. При този модел скоростта на връзката се адаптира динамично към потребностите от трафик на отделните възли.

Виртуализация на мобилна мрежа като услуга (Mobile Network Virtualization as a Service, MNVaaS). Това е модел, при който телекомуникационна компания или независим мрежов оператор изгражда и управлява (безжична) мрежа и предлага нейните комуникационни услуги на трети страни (обикновено мобилни оператори) срещу заплащане за използвания мрежов капацитет. Операторът на мобилната виртуална мрежа обикновено е доставчик на мобилни комуникационни услуги, който не притежава нито радиочестотната лента, нито инфраструктурата на безжичната мрежа, чийто услуги предоставя. Обикновено той предлага комуникационни услуги, използвайки мрежовата инфраструктура на утвърден мобилен оператор.

Съхранение като услуга (Storage as a Service, STaaS). Това е облачен бизнес модел, при който компания наема или отдава под наем инфраструктура за съхранение на данни на друга компания или физически лица. За малките компании и физически лица това е удобен вариант за управление на архивирането при намалени разходи за персонал, хардуер и помещения. Дисковото пространство, необходимо за съхранение и бекъп, се договорира в споразуменията за качеството на обслужването (Quality of Service, QoS), най-често при цена на гигабайт и цена за трансфер на данни. Клиентът прехвърля данните, предназначени за съхранение, към доставчика на услугата по предварително зададен график през глобалната мрежа на доставчика или през Интернет.

База данни като услуга (Database as a Service, DBaaS). Това е облачен бизнес модел, при който предприятие отдава под наем услуги за работа с бази от данни на юридически или физически лица с цел съхранение на техните данни. DbaaS е една от най-бързо развиващите се облачни услуги.

Моделът позволява на потребителите да управляват, конфигурират и оперират със софтуер за бази от данни чрез набор от примитиви, абстрахирайки се от реализацията им, чрез специфичен софтуер за управление на бази от данни. Например потребителят прави по един и същ начин обръщения към MySQL, Oracle или MongoDB бази от данни. Същото важи и за случаите на работа с MySQL клъстер или MongoDB клъстер, като техният размер се управлява с едни и същи API процедури.

Често DBaaS се разглежда като компонент на PaaS, като „платформа“ в този случай означава база от данни (или бази от данни). Решенията от типа DBaaS консумират ресурси на IaaS за изчисления, съхранение и мрежова работа.

Ползите от DBaaS за организациите при създаването на приложения за бази от данни, са многобройни, например:

- по-голяма гъвкавост в процеса на работа и
- по-висока производителност на разработчиците;

- надеждност, производителност и сигурност на приложенията.

Сигурност като услуга (Security as a Service, SECaaS). Това е облачен бизнес модел с ценообразуване, аналогично на това при SaaS (месечна абонаментна такса), а разходите за ИТ намаляват чрез услуги, възложени на външни изпълнители. Сигурността като услуга предоставя достъп до инструмент или платформа за защита на приложения, данни и операции, които вече са изнесени в облака. Пример за сигурност като услуга е използването на антивирусен софтуер през Интернет.

Чрез модела сигурност като услуга решенията за сигурност вече не се доставят по стария начин – локално, като отдел ИТ инсталира софтуер за защита от вируси, софтуер за филтриране на спам и други инструменти за сигурност на всяка машина или сървър и поддържа този софтуер в актуално състояние. Не се правят и разходи за хардуер и лицензи за софтуера. При модела сигурност като услуга се прилагат познатите инструменти за информационна сигурност, но вече през уеб браузър, т.е. тяхната употреба е лесна и удобна.

Интеграция като услуга (Integration as a Service, Integration Platform as a Service, iPaaS). Модел за облачна услуга, свързващ бекенд системи, източници на данни, файлове и оперативни приложения чрез интерфейси, уеб услуги и обръщения между отделните приложения и източниците на данни. iPaaS реализират няколко сценария за интеграция. От една страна, iPaaS може да се използва за интеграция от тип от точка до точка (Point-to-Point), а от друга страна, услугата предлага развойни инструменти за интеграция при нарастващ брой крайни точки за свързване.

При интеграция от тип от точка до точка бизнесът прилага различни подходи за осигуряване на свързаност в предприятието. При този подход разработчиците изграждат персонализирана интеграция между крайните точки с оглед безпроблемна комуникация.

Интеграцията като услуга осигурява на потребителите по-слабо свързана среда, без наличие на сложни взаимоотношения в нея. Моделът дава възможност за интеграция в облака, като прави възможно споделянето на данни между системи, включително и такива на доставчици-трети страни в реално време.

Предприятията използват интеграцията като услуга с цел гъвкавост и автоматизация на бизнес процесите. Освен това услугата свързва бази от данни, приложения, файлове и източници, намиращи се както на място, така и в облака. Интеграцията от точка до точка значително се усложнява с нарастването на броя на приложенията, услугите и системите – т.н. „архитектура от тип спагети“. Тази сложна инфраструктура поражда сериозни проблеми, когато се налагат промени. Тъй като промените са неизбежни, предприятията все по-често залагат на модела iPaaS, за да бъдат гъвкави, мащабируеми и готови за бъдещи предизвикателства.

Управление на ИТ услуги като услуга (Management as a Service, IT Service Management as a Service, ITSMaaS). Компаниите възлагат на външни изпълнители своите ИТ услуги, вместо да ги поддържа фирмен ИТ отдел. По този начин компаниите намаляват своите разходи и освобождават ИТ персонал, като същевременно получават качествена ИТ услуга на разумна цена поради икономии от мащаба.

ITSMaaS намира разнообразни приложения в бизнеса. Например едно от често срещаните приложения е поддържането на информационна система за диагностициране и отстраняване на проблеми. В този случай звеното ИТ Help Desk не е вътрешно за компанията, а се хоства от доставчик. При този бизнес модел входящите обаждания на клиенти, имейли, факсове и др. се разглеждат като запитвания от клиенти (билети или случаи) и се приемат, класифицират и обработват автоматизирано от специализиран софтуер като Issue-Tracking-System, Ticketing System и т.н.

ITSMaaS позволява на компаниите да поддържат ИТ услуги при по-ниски постоянни разходи за хардуер и труд. При този бизнес модел компаниите заплащат за дадена ИТ услуга за потребител за година. В допълнение към основните услуги за диагностика и поддръжка на ИТ услуги, ITSMaaS предоставя и допълнителни услуги, като помощ при виртуализация, помощ при съхранение на данни и много други.

Тестване като услуга (Testing as a Service, TaaS). С този термин се означава аутсорсинг модел, при който тестовите дейности се възлагат на трета страна, специализирана в симулирането на среди за тестване в съответствие с изискванията на клиента. Съществуват три основни вида TaaS:

- функционално тестване – включва UI/GUI тестване, регресия, интеграция и автоматизирано тестване на възприемането на потребителите (User Acceptance Testing);
- тестване на производителността – TaaS имитира реална потребителска среда чрез създаване на виртуални потребители и извършва тестове за натоварване и стрес тестове;
- тестване на сигурността – сканират се приложения и уеб сайтове за различни видове уязвимости.

Характерните особености на TaaS са следните:

- портал за самообслужване за изпълнение на софтуер за тестове за функционалност и натоварване;
- тестова библиотека за контрол на сигурността, която съхранява всички тествани активи;
- тест за максимално натоварване на облачния хардуер;

- предоставяне по заявка на тестови набори за проверка на многослойни приложения, тестови скриптове и тестови инструменти;
- проследяване на услугите, използвани от клиента.

В случаите на тестване на уеб софтуер като услуга, след създаването на потребителски сценарии и проектирането на теста, доставчиците на услугата предоставят сървъри за генериране на виртуален трафик от целия свят.

Услугата TaaS е подходяща в следните случаи:

- при тестване на приложения, които изискват автоматизация и имат кратък цикъл на изпълнение на теста;
- изпълняват се тестове, които не изискват задълбочени познания за дизайна или самата система;
- в случаите на ad hoc или нерегулярни тестови дейности, които изискват значителни ресурси.

Предимствата на облачното тестване са следните:

- гъвкаво изпълнение на теста и ангажиране на тестови активи;
- според някои потребители при облачно тестване се постигат 40–60% икономии спрямо традиционния модел за тестване;
- постига се бърза възвръщаемост чрез елиминиране на инвестициите за покупка на хардуер, неговото управление и поддръжка, лицензиране на софтуер и др.;
- продуктите се доставят за по-кратко време чрез бързо проектиране и кодиране;
- гарантира се целостта на данните и тяхната достъпност навсякъде по всяко време;
- намаляват оперативните разходи, разходите за поддръжка и инвестиции;
- заплаща се само за реалната употреба на услугата.

Информация като услуга (Information as a Service). С този термин се означава нововъзникващ облачен бизнес модел, при който компания споделя или продава релевантна информация на юридически или физически лица. В света на облачните изчисления, предлагащи съхранение и изчисления с помощта на добре дефинирани API, е логично да се търси и предлага и достъп до необходимата информация.

Примери за информация като услуга са следните:

- валидиране и търсене на пощенски код или адрес;
- обработка на плащания;
- услуги, които валидират или въвеждат данни.

Комуникациите като услуга (Communication as a Service, CaaS). Това е технологично решение за аутсорсинг на комуникация на външни изпълнители, което се наема от доставчици на тази услуга. Подобни комуникации са следните: пренос на глас през Интернет (VoIP или Интернет телефония), мигновени съобщения (IM), приложения за сътрудничество и видеоконференции чрез фиксирани и мобилни устройства. Доставчикът на CaaS управлява необходимия хардуер и софтуер при гарантирано качество на обслужването. CaaS позволява на предприятията да ползват комуникационни устройства при режим на заплащане според употребата или според нуждите. Този подход елиминира потребността от значителни капиталови инвестиции и текущи разходи за система, чийто капацитет фирмата не може да оползотвори.

CaaS предлага гъвкавост и разширяемост, които малкият и средният бизнес не може да си позволи по друг начин, при това с възможности за достъп до допълнителни устройства, режими или покритие при поискване. Капацитетът на мрежата и нейните характеристики могат да се променят ден за ден в случай на необходимост, така че функционалността да е в крак с търсенето и ресурсите да са оползотворени. При този модел няма риск системата да остарее, без да са необходими периодични ъпгрейди или инвестиции.

Мониторинг като услуга (Monitoring as a Service, MaaS) също е модел за доставка на облачни услуги от типа XaaS. Това е работна среда, която улеснява мониторинга и контрола на различни други услуги и приложения в облака. Най-разпространената MaaS услуга е мониторинг на онлайн състоянието, като непрекъснато се проследяват приложения, мрежи, системи, инстанции или други елементи, разположени и функциониращи в облака [Times of Cloud 2020].

За изграждане на бизнес модел, базиран на облака, са налични четири **модела на облачна инфраструктура** [Williams 2010]: частен облак, обществен облак, публичен облак и хибриден облак.

Частен облак. Инфраструктурата на частния облак се притежава или наема от една организация и се използва само и единствено от нея. Частният облак предоставя услуги в рамките на една компания, която едновременно се явява клиент и доставчик на облачната услуга. Това е вариант на облачна реализация, при който компанията самостоятелно създава своя облачна инфраструктура в рамките на организацията.

Внедряването на частен облак премахва един от основните проблеми пред клиентите на облачни услуги – защитата на данните от гледна точка на информационната сигурност. Тъй като облакът е ограничен само в рамките на самата компания, то проблемът се решава с познатите стандартни методи за информационна сигурност. За частния облак е характерно намаляване на себестойността на оборудването за сметка на използването на неактивни или неефективно използвани ресурси.

Също така, разходите за закупуване на оборудване намаляват за сметка на опростената логистика – не се налага да се вземат решения какви сървъри да се закупят, какви да са техните конфигурации, колко да са работните места. В случая мощността се увеличава пропорционално на осредненото нарастващо натоварване, а не в зависимост от всяка новопоявила се заявка. Това улеснява планирането и решаването на нови производствени задачи.

Обществен (общностен) облак. Инфраструктурата на обществения облак предоставя услуги на няколко организации и служи за поддържането на специфична общност от потребители, споделящи мисия, политика и изисквания към информационната сигурност.

Публичен облак. Инфраструктурата на публичния облак се притежава от една организация, която продава облачни услуги на широката аудитория.

Хибриден облак. Инфраструктурата на хибридния облак е съчетание на два или повече облака (частен, обществен или публичен), които остават разграничими, въпреки че са свързани посредством стандартизирана или собственическа технология.

От технологична гледна точка не съществува разлика между вътрешните и външни облаци и клиентът може гъвкаво да премества задачите си между собствената си и наетата ИТ инфраструктура според потребностите си.

2.3. Предимства на облачните технологии

Независимост от местоположението. Когато файловете се съхраняват на автономен компютър (модел on premise), те са достъпни единствено от този конкретен компютър. Ако обаче те са съхранени в Google Drive или iCloud (и двете хранилища са базирани на облачните технологии), то те са достъпни от всеки компютър или мобилно устройство, свързани с Интернет. Облакът позволява на служителите, независимо от местоположението им, достъп и възможност за съвместна работа с фирмените данни. Така те си сътрудничат и се кооперират по-добре и работят по-ефективно. Евентуалните проблеми със сигурността се решават чрез подходяща система за управление на правата за достъп.

Гъвкавост. При бизнес със сезонни колебания в търсенето, капацитетът на облака лесно се променя в зависимост от потребностите.

Достъпни цени. Не е нужно да се закупува хардуер и да се наема персонал за неговата поддръжка, т.е. пестят се време, пространство и пари. Компаниите, които бързо се разрастват, вече не трябва да закупуват допълнителен хардуер и да ангажират съответен персонал. За фирмите, които намаляват дейността си, не се налага да търсят купувачи на ненужното им оборудване, или да го съхраняват, без да го ползват.

Автоматична актуализация на софтуер. Доставчиците на облачни услуги се грижат за обновяването на софтуера.

Възстановяване след бедствие. В случай на природно бедствие (земетресение, наводнение, пожар и др.) доставчиците на облачни услуги предприемат незабавни мерки, за да възстановят пълния достъп до услугите в найкратък срок. Предвидено е и специално оборудване за предотвратяване на непланирани прекъсвания.

Криптиране. Доставчиците на облачни услуги предлагат криптиране, което допълнително защитава данните на клиентите и осигурява достъп само за оторизирани лица. Тъй като шифрирането изисква допълнителна изчислителна мощ, доставчиците предлагат алтернативи на пълното криптиране, изискващи по-малко процесорно време. Освен това клиентите могат и самостоятелно да криптират фирмените данни и едва тогава да ги прехвърлят в облака.

2.4. Недостатъци на облачните технологии

Въпреки многобройните ползи и предимства, облакът не е подходящ за всяка компания. В зависимост от нуждите на бизнеса, собствената хардуерна инфраструктура (модел on premise) или хибридният модел (комбинация от публичен облак и собствени сървъри) може да се окажат по-подходящи. Частният хардуер означава придобиване и поддържане на сървъри, помещения, непрекъсваемо електрическо захранване, охлаждане, управление и сигурност на данните, както и осигуряване на допълнителни ресурси, когато е необходимо.

Видимост и достъпност. Съхранението на данни в облака все още звучи твърде абстрактно за много фирми. Наличието на собствени сървъри позволява на практика да се „вижда“ къде се съхраняват фирмените данни и осигурява достъп до тях по всяко време.

Закъснения. Ако информацията, която трябва да съхранява, изисква да се предвидят с точност възможните закъснения, то тогава частната инфраструктура би свършила по-добра работа от облака.

Персонализация. В някои случаи, в зависимост от нуждите на организацията собствената инфраструктура може да се окаже по-лесна за персонализация.

Законова база и регулации. В случаите на фирми с поделения в различни страни по света, трябва да се има предвид, че законодателството на някои страни налага ограничения върху използването на облак и в тези случаи собствената хардуерна инфраструктура е единствената възможност [Пева 2017].

2.5. Характерни особености на най-разпространените облачни услуги

В секцията ще представим характерните особености на някои от най-разпространените облачни услуги в трите основни области: IaaS – Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) и Simple Storage Service (Amazon S3) на Amazon; PaaS – Microsoft Windows Azure и SaaS – G Suite, Microsoft Office 365, Salesforce.com.

Amazon Web Services (AWS) е най-старата и една от най-развитите масови публични облачни платформи. AWS предлага предимно IaaS и PaaS услуги като Amazon EC2, Amazon Simple DB, Amazon RDB, Amazon S3 Storage, Amazon CloudFront, Amazon ElastiCache, Amazon SES. Amazon предлага безплатна лимитирана пробна версия за 1 година.

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) е съществена част от AWS – платформата за изчисления в облака на Amazon.com. EC2 позволява на потребителите да наемат виртуални компютри, на които да изпълняват свои собствени компютърни приложения. EC2 предоставя мащабируемо внедряване на приложения чрез уеб услуга, с която потребителят зарежда Amazon Machine Image (AMI), за да конфигурира виртуална машина, т.н. „екземпляр", съдържащ желания софтуер. Потребителят може да създава, стартира и прекратява сървър-инстанции, когато е необходимо, като заплаща за броя активни сървъри (след втория) – оттук произлиза и прилагателното „еластичен" в наименованието на услугата. EC2 осигурява на потребителите контрол върху географското местоположение на инстанциите, което позволява оптимизация на латентността и високи нива на излишък.

Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) е облачна услуга на AWS за съхранение на обекти чрез специален интерфейс за уеб услуги. Amazon S3 използва същата мащабируема инфраструктура за съхранение, която ползва и Amazon.com за глобалната си мрежа за електронна търговия.

Amazon S3 съхранява разнообразни обекти, например Интернет приложения, архивира данни и ги възстановява, предлага възстановяване след бедствие, архивиране на езера от данни и съхранението им в хибриден облак. Според споразумението за качеството на обслужването, Amazon S3 гарантира 99,9% месечно uptime време, което се равнява на по-малко от 43 минути престой на месец.[10]

Microsoft Azure е глобална публична облачна платформа за разработване и изпълнение на приложения и съхранение на данни в разпределени центрове за данни. Предлага IaaS (Windows виртуални машини) и PaaS технологии. Може да се инсталират Java, PHP, Python, Ruby и други езици за

[10] Amazon S3 Object storage built to store and retrieve any amount of data from anywhere. https://aws.amazon.com/s3/ Посетен на 31.03.2020 г.

програмиране, платформи и технологии. По-важните особености на PaaS услугите на Microsoft Azure са следните:

Web роля – предоставя специален IIS уеб сървър за хостинг на уеб приложения. Уеб ролите позволяват да се инсталират уеб приложения с последващо мащабиране на изчислителните ресурси.

Worker роля – приложенията, хоствани от web ролите, могат да изпълняват асинхронни, продължителни или непрекъснати задачи, независимо от действията на потребителите. Изолирането на фоновите процеси на приложението в worker ролята и инсталирането на интерфейсната част в web ролята позволява да се разпредели логиката и гъвкаво да се управлява мащабирането на приложенията.

Data Management – предоставя нерелационни складове за данни (таблици, опашки, двоични обекти) и релационен склад за данни под формата на SQL база от данни.

Таблици – складът за таблици се използва от приложения, които съхраняват големи обеми данни при допълнителни изисквания за тяхното структуриране. В таблицата се съхраняват структурирани данни, между които не съществуват взаимоотношения.

Опашки – опашките осигуряват надежден и непрекъснат обмен на съобщения между приложенията.

Блобове – складът за BLOB-обекти съхранява големи обеми неструктурирани текстови или двоични данни, като видео, музикални файлове и изображения.

SQL база от данни – релационна база от данни – високодостъпен и мащабируем облачен сървис за бази от данни на основата на технологията SQL Server.

HPC и Big Data – позволяват да се разработват паралелни приложения, изискващи огромна изчислителна мощ. Освен това с този инструмент в облака могат да се стартират виртуални възли, предоставящи достъп до изчислителни ресурси за обработка на пикови или непредсказуеми натоварвания. Това позволява да се разчита на малки локални клъстери и да се превключва към Microsoft Azure само когато са необходими допълнителни ресурси. Осигурен е и достъп както до MapReduce, така и до Hive.

Microsoft Azure струва по-скъпо в сравнение с AWS и Google App Engine, има 90 дни ограничена пробна версия и няма безплатен вариант[11,12,13].

---

[11] Pricing calculator Configure and estimate the costs for Azure products https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/ Посетен на 31.03.2020 г.

[12] AWS Simple monthly calculator https://calculator.s3.amazonaws.com/index.html Посетен на 31.03.2020 г.

[13] Google Cloud Platform Pricing Calculator https://cloud.google.com/products/calculator/ Посетен на 31.03.2020 г.

G Suite (доскоро с наименование Google Apps) е сървис, поддържащ няколко уеб приложения с функционалност, сходна на тази на традиционните офис пакети и обхваща Gmail, Google Calendar, Google Talk, Google Docs и Google Sites. Инфраструктурата, която стои зад всички тези уеб приложения е Google App Engine (GAE), една от най-големите публични облачни платформи. GAE предоставя среда, платформа, услуги и библиотека за разработка и изпълнение на Java, Python, Go, PHP и Node.js приложения. По-важните PaaS услуги в GAE са следните: GAE backends, datastores (high-replication datastore, master-slave datastore, BlobStore, Cloud storage), Map Reduce API. GAE предоставя напълно безплатна версия.

Office 365 е облачна услуга, която съчетава познатите приложения от Office пакета на Microsoft (Word, Excel, Outlook, PowerPoint, OneNote) и разнообразни инструменти за ефективна работа в екип, достъпни навсякъде и по всяко време. Лицензира се на абонамент на потребител за месец. Един лиценз обхваща до 5 устройства от всеки вид – смартфон, таблет и компютър (PC или Mac). Максималният брой потребители за една компания е 300.

Salesforce.com – изпълнението на първия реален облачен проект е дело на компанията Salesforce.com, основана през 1999 г. Тогава се появява първото приложение по модела SaaS – Salesforce CRM. Бързият успех на Salesforce предизвиква интерес сред ИТ гигантите, които стартират свои собствени облачни проекти.

Облачните технологии представляват модерна алтернатива за дистанционно складиране и обработване на информацията. Стремежът на организациите да свързват все повече устройства и да обработват все по-големи масиви от информация във връзка с предстоящата IoT революция, превръщат облачните изчисления в императив за бизнеса. Възможностите на облачните услуги се усъвършенстват постоянно и на практика днес те предлагат еквивалент на всяка функция на ИТ инфраструктурата от разстояние – чрез Интернет, при гъвкав модел на заплащане – според потреблението.

3. ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОБЛАЧНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО БИЗНЕС ОБЛАСТИ

По отношение на цифровата трансформация предприятията се разделят на две групи: условно виртуални и условно реални. Цифровата трансформация на всяка от тези две групи има свои специфични особености.

Към групата на условно виртуалните фирми се отнасят телекомуникационните компании, средствата за масова информация, онлайн магазините, агрегаторите, компаниите от финансовия сектор. Основен ресурс за компаниите от тази група, са клиентските данни. Тяхната главна цел е да се повиши ефективността на използване на клиентските данни.

Към групата на условно реалните предприятия се отнасят такива, чийто бизнес в значителна степен зависи от физически активи. За тях особено важно е създаването на цифрови активи-двойници. Тези цифрови двойници се обединяват в цифрови копия на самите предприятия. Цифровите двойници се анализират, като се проверяват хипотези с цел разкриване на скрити резерви в предприятията. Хипотезите може да са свързани с оптимизация на бизнес процесите, режимите на работа на оборудването, технологичните линии, ремонтните кампании, инвестициите в иновации. Резултатите, получени от проверките и анализа, се използват за повишаване на производителността, оптимизация или подобряване на устойчивостта на производството. За тази група са особено актуални големите данни, прогнозните анализи, Интернет на нещата и добавената реалност.

Целта на следващата част от изследването е да се направи кратък обзор на приложението на технологиите за обработка на масивни данни с акцент върху производството, електронната търговия, финансовите и застрахователни услуги и образованието. Събраната и систематизирана информация ще послужи при подготовката на критериална система за избор на софтуерни средства и среди за реализация на облачни услуги за някои основни икономически области.

3.1. Приложения в производствените предприятия

Управлението на жизнения цикъл на продукта е информационно наситен процес, включващ анализ на пазара, проектирането на продукта, производството, дистрибуцията, следпродажбеното обслужване и рециклирането. В процеса участват разнообразни обемни данни, например коментарите на потребителите в социалните медии, функционалността на продукта, продуктовите конфигурации и инцидентите, докладвани от сензори, инсталирани върху продукта за следене на неговото поведение и параметрите на околната среда. За производствените предприятия тези данни са ценен актив за постигане на висока производителност и намаляване на разходите през целия жизнен цикъл на продукта. Компаниите непрекъснато се стремят да увеличат рентабилността си, използвайки нови информационни технологии за съхранение на данни, като например Интернет на нещата и радиочестотна идентификация в ежедневните си дейности. Например автомобилната компания Тойота оборудва произвежданите от нея леки автомобили с интелигентни сензори и непрекъснато събира данни за техните брави, местоположение, запалване и гуми, които впоследствие се използват от фирмените поделения и монтажните линии. Непрекъснатите продуктови иновации водят до генериране на все повече данни за продуктите при нарастващо многообразие от типове, източници, значение и формат.

Поради увеличения обем и разнообразие, производствените данни вече трудно се обработват с помощта на познатите програмни системи като софтуер за компютърно проектиране (CAD), управление на веригата за доставки (SCM), системи за производствено изпълнение (MES) или планиране на ресурсите на предприятието (ERP). Изискването за голям обем, скорост, разнообразие и добавена стойност води до необходимостта от допълване на производствените системи с платформи за големи данни.

Независимо от големия интерес към темата, все още липсва строга дефиниция за понятието „големи данни“. Според една от най-често цитираните в литературата дефиниции, терминът големи данни се отнася до набор данни, чиито размер превишава възможностите на обикновените бази от данни за събиране, съхранение, управление и анализ на информация. Самото наименование на понятието е показателно за наличието на субективизъм при определянето на размера на множеството от данни [Manyika и др. 2011]. Apache Hadoop, Google Dremel или Yahoo S4 са част от съществуващите решения за справяне със споменатите по-горе сложни процеси. Те осигуряват среда за съхранение, обработка и визуализация на големи обеми данни, събирани с години в организационните информационни системи.

През последните няколко години големите данни са обект на многобройни изследвания. Част от разработките разглеждат основните понятия, особеностите, бизнес стойността и предизвикателствата на големите данни [Chen и др. 2014, Iafrate 2014], докато други се фокусират върху характеристиките на бизнес интелигентните системи за работа с големи данни [Chen и др. 2012, Chen и Zhang 2014] по области на приложения.

Понастоящем с „големи данни“ вече се означава набор от подходи, инструменти и методи за обработка на огромни обеми структурирани и неструктурирани, многообразни и непрекъснато нарастващи по количество данни. Често зад приложенията за работа с обемни данни стои система за разпределени изчисления, тъй като обработката изисква група от високопроизводителни машини, обединени в клъстер.

Системите за анализ на големи данни генерират и допълнителни ползи по време на отделните фази от жизнения цикъл на продукта (приемане на поръчка на клиента, идентифициране на обещаващи клиенти, събиране на данни за качеството на суровините, избор на подходящ проект, избор на доставчици, складиране на продукти, поддръжка, рециклиране и идентифициране на допуснати грешки).

В сравнение с други области като електронна търговия, финанси, здравеопазване и телекомуникационни услуги, производствените фирми изостават във внедряването на платформи за анализ на данни. Според Gartner, около две трети от проектите за големи данни пропадат поради липса подходящи ИТ умения, невъзможност да се разберат изискванията на заинтересованите страни и наличието на множество наследени системи [Gartner 2015]. Оттук произлиза и нежеланието на производителите да внедряват инструменти анализ на данни в дейността си.

Неподходящото надграждане на съществуващите фирмени системи с нова технология може да доведе до сериозни последствия на по-късен етап, когато опитите за корекции са доста скъпи. Платформите за анализ на данни в производството имат много предимства като сигурност, производителност, надеждност, мащабируемост, евтина поддръжка и ниски разходи за разработка. Но винаги съществуват и непредвидени рискове. Системният архитект, отговорен за архитектурата на решението за анализ на данни, трябва внимателно да уточни целите на заинтересованите страни, да анализира потенциалните рискове и да намери баланс между различните цели при внедряването на новата платформа. Ранният анализ на целите дава възможност за своевременно проучване на контрамерки за справяне с вероятните рискове.

Освен това, несигурността относно въздействието на архитектурните решения върху възприемането на аналитичните инструменти е неизбежна, както често се случва и при други подобни начинания. Това означава, че липсата на пълни познания за действителните последици от архитектурните решения е факт. Например обработените с аналитична платформа данни за обратна връзка, генерирани от онлайн клиенти за произведените автомобили, могат да доведат до известна несигурност поради некоректна интерпретация. Изборът на техника за визуализация на данните може да има неблагоприятно въздействие върху надеждността на диагностичните доклади за даден продукт поради вътрешно присъщата несигурност на източниците на данни. От друга страна, системният архитект трябва да направи правилен избор в подобни несигурни условия. Стремежът към анализ и оценка на риска в ранния етап при внедряването на технология за големи данни остава основен приоритет за производствените компании.

Според Fahmideh и Beydoun системният анализ на приложната архитектура за големи данни има потенциал да улесни комбинирането на съществуващите производствени системи с платформите за анализ на данни. Осъществен на ранен етап, още преди да се разискват техническите аспекти, този анализ може да послужи и за оценяване на възможните алтернативи за обработка на големи данни [Fahmideh и Beydoun 2019].

Очаква се в близко бъдеще значителна част от наследените производствени системи да заработи в комбинация с платформи за обемни данни за по-задълбочен анализ на информацията. Особено важно при избора на технология за големи данни е ясното разбиране на целите и рисковете от внедряването на новата платформа и как тя взаимодейства с производствените системи.

3.2. Приложения в електронната търговия

Проектите за работа в облака с големи данни обикновено стартират с избор на технология за съхранение на данни и аналитични модули (Big Data Analytics), което често налага обновяване на инфраструктурата. Това може да се постигне като се увеличи капацитетът на фирмения склад за данни или чрез допълнителни сървъри, удовлетворяващи нарастващите изисквания към аналитичните инструменти. Но дори и след ъпгрейт на локалните системи, фирмената инфраструктура може да не е в състояние да поддържа големи обеми данни и тогава трябва да се мигрира към облачна инфраструктура.

Нарастващият интерес към облачните услуги е породен от постоянния ръст на данните във фирмите за електронна търговия. Данните за клиентите (име, адрес, предпочитания и др.) са важен актив, чието оползотворяване с всеки изминат ден става все по-сложно и по-скъпо. От една страна, обемът на данните е толкова голям, че съхранението и обработката му със стандартни програмни и апаратни средства са силно затруднени. От друга страна, съществена част от данните са неструктурирани и събирането им не е лесна задача, но те са изключително ценни (например потребителски харесвания – likes, обзори – reviews, коментари – comments, туитове – tweets, щраквания – clicks).

Фирмите за електронна търговия често се сблъскват със задачата да анализират данни с огромен обем и значително многообразие (продукти, клиенти, транзакции, доставки) с цел увеличаване на конверсиите. Компаниите не само осъзнават, че мащабът има значение, но си дават сметка и за многото други условия, от които зависи успешното внедряване на технологии за големи данни. Следователно внедряването на големи данни в електронната търговия е актуален проблем, чието решаване създава огромни възможности за персонализиране на продуктите и услугите с цел да се отговори на нуждите на клиентите и да се интегрират веригите за доставки за съвместна дейност и сътрудничество между партньорите.

От друга страна, обработката на големи обеми данни е само част от проблема. Още през 2001 г. Laney посочва трите V-та, обем (Volume), скорост (Velocity) и разнообразие (Variety), като ключово предизвикателство при управлението на данни за електронната търговия [Laney 2001]. Последният аспект на понятието се свързва с разнообразието и неструктурираността или слабата структурираност на данните. Факт е, че все по-често в практиката се оперира с медийно съдържание, записи в блогове, слабо структурирани документи и др.

По подобие на софтуера за бизнес анализи (Business Intelligence), и софтуерните приложения за анализ на големи данни в електронната търговия извършват анализ на данни, генерирани от транзакционни системи или други източници с цел подпомагане на вземането на управленски решения. Първото предизвикателство тук произтича от факта, че данните се събират на различни места чрез множество системи. И тъй като при онлайн анализите бързодействието е ключов проблем, то класическите складове за данни са неприложими. Второто предизвикателство е породено от наличието на неструктурирани данни, които могат да се съхраняват само чрез специални платформи. Освен това, за разлика от класическия бизнес анализ, при Big Data Analytics става дума не толкова за описателен процес, а за предсказване на събития преди тяхното настъпване и предлагане на препоръки за бъдещо развитие.

Въпреки значителния брой публикации, посветени на изясняване на особеностите на технологиите за големи данни, в редица обзорни изследвания се отбелязва, че към момента са направени само няколко емпирични изследвания за оценка на реалния потенциал на големите данни в електронната търговия [Wamba 2015]. Съществена част от проучванията засягат само отделни аспекти от дейността на фирмите, занимаващи се с онлайн търговия.

За да се изследва ролята на големите данни за усъвършенстване на основните функционални области на електронната търговия (маркетинг, разплащания, управление на веригата за доставки и мениджмънт), се осъществява систематичен обзор и анализ на разнообразните възможности на обемните данни за автоматизация на дейностите във веригата на стойността на електронната търговия.

Всяко предприятие, реализиращо електронна търговия, независимо от своя размер, бизнес модел и област на дейност, може да се възползва от потенциала на огромните обеми данни, достъпни от външни източници и натрупани в собствени хранилища за данни. Бизнесът вече е в състояние да наблюдава своите клиенти, доставчици и конкуренти . Поради големия си оперативен и стратегически потенциал, особено при генерирането на бизнес стойност, големите данни са в състояние да трансформират бизнес процесите и играят важна роля в тази трансформация [Manyika и др. 2011]. За фирмите от областта на електронната търговия промяната засяга основните функционални компоненти на бизнес модела – маркетинг, ценообразуване, верига за доставки и мениджмънт.

3.2.1. Добри практики за употреба на големи данни в електронната търговия

Walmart внедрява технологии за големи данни в електронната търговия още през 2011 г. Поделението за големи данни @WalmartLabs разработва търсеща машина за стоки, като още през първата година на използване на технологията ѝ в Walmart.com обемът на продажбите нараства с 20 на сто. Същата технологична група разработва и приложение, което търси и анализира данни от социалните мрежи (като Twitter или Facebook) в реално време, за да предостави персонализирана информация на потребителите.

За да направи процеса на покупка максимално опростен и понятен за потребителите, eBay въвежда концепцията ZEC (Zero Effort Commerce). Чрез големи данни системата предугажда какво търси клиента и му спестява време и усилия да избере продукт. В „умните магазини“ на eBay в Ню Йорк и Сан Франциско изборът на дреха е улеснен чрез RFID етикети, които се използват още и за препоръки на аксесоари, подходящи за дрехата. Всичко, от което се интересува клиентът, се записва в неговия профил и на по-късен етап той може много бързо да купи желания продукт онлайн. Във фирмата е сформиран екип по иновации, който трябва да интегрира съответните интерфейси за е-търговия в „умни“ устройства като например смарт часовници.

Netflix е класически пример за персонализирано обслужване. Чрез големи данни фирмата отчита практически всяко взаимодействие на клиента със сайта. Например ако клиент се оплаче от обслужването на онлайн магазина като попълни съответната форма и/или изпрати tweet по този повод, информацията за проблема веднага се предава на служителите в call центъра.

Онлайн магазинът Burberry.com събира разнообразни данни, като шаблони при браузване, брой логвания, история на покупките и др. Всеки клиент получава индивидуална оферта, максимално релевантна на неговите предпочитания и миналото му поведение. Така Burberry спестява и допълнителни средства, като не предлага ненужни отстъпки на клиенти, които не се нуждаят от стимули за конверсия.

Amazon е сред първите търговски компании, въвели динамично ценообразуване. Възможността ежедневно да се променя цената на всеки продукт според множество фактори е съществен източник на конкурентно предимство на фирмата. PayPal и Amazon разработват и инструменти за разкриване на измами, като за целта ползват огромни обеми транзакционни данни, IP адреси, информация за браузъра и други технически детайли в моделите за предсказване, идентифициране и предотвратяване на измами.

За прогнозиране на продажбите в eBay прилагат SAP HANA с алгоритми за машинно обучение. Анализите на WalMart показват, че в бедните райони по време на икономическа криза се купуват по-малки опаковки. Въз основа на това твърдение се планират запасите на компанията. Но след включване на допълнителни източници на данни, включително от онлайн магазина на фирмата, се установява, че търсенето на по-големи разфасовки нараства по време на студена зима, защото клиентите се запасяват. През 2014 г. Amazon получава патент за доставката на стока още преди потребителят да е взел решение за покупката ѝ. Пакетираните стоки изчакват в транспортните центрове пристигането на поръчката на клиента, т.н. „предварителна доставка". По този начин стоките се доставят на адреса на клиента много по-бързо.

AliExpress също използва възможностите на големите данни за повишаване на ефективността на търговския процес и за разкриване на нови идеи за развитие на бизнеса. Събирането на големи данни започва с регистрацията на клиента. Клиентът бива помолен да предостави лична информация като посочи своите области на интереси и да приеме записването на уеб бисквитки (файлове с данни за взаимодействието на потребителите с уеб сайтовете, които посещават). Тези данни се зареждат в Big Data профила на клиента и впоследствие се анализират. Данните за историята на покупките се комбинират с данни за онлайн поведението на потребителя. Тогава алгоритмите стартират изпращането на таргетирани рекламни послания чрез социалните мрежи, търсачките, банери и др. В допълнение, купувачът получава и персонализирани оферти в раздел „Може да Ви хареса". Big Data се използва и за уведомяване на клиентите за състоянието на тяхната поръчка (дата и час на заявката, местоположение на пратката, час на пристигане) и събиране на информация за най-подходящите цени за клиентите.

Alibaba Group използва и методи за събиране на офлайн масиви от данни. Системата е в състояние да идентифицира над 20 000 потребителски модела, базирани на поведението на купувачите и техните демографски характеристики. За целта се анализират както собствени данни на компанията, така и данни, събрани от трети страни. Информацията, получена от мобилните приложения на Alibaba Group, също се анализира. В резултат, тъй като асортиментът на предлаганите стоки е огромен, а уеб сайтът – персонализиран, то компанията е в състояние да задоволи потребностите на всеки клиент. Търсенето на необходимия продукт отнема минимално време поради персонализирането на предложенията. В същото време, компанията може бързо да реагира и на най-малките колебания в търсенето, модните тенденции и потребителските предпочитания [Lukicheva и Semenovich 2019].

Въпреки всички посочени по-горе дейности, чрез които AliExpress реагира на потребителското търсене, като събиране, анализиране и прилагане на големи данни, съществен фактор за успеха на компанията в България остава атрактивното ценово предложение. Друг важен елемент във формулата за успеха на компанията е наличието на ясна целева аудитория. Aliexpress не предлага високо качество, но достъпната цена, разнообразието, бързата промяна в асортимента, възможността за бързо навигиране в настройките привличат все повече млади купувачи в сайта.

С помощта на големите данни AliExpress успешно влияе върху четирите ключови фактора при вземането на решение при онлайн покупка на дребно: удобство, адекватна цена, богат асортимент от стоки и положителен потребителски опит.

През последните години приложението на големите данни в управлението на различни аспекти на електронната търговия значително нараства. Моделите, базирани на обемни данни, оптимизират маркетинговите дейности, улесняват управлението на веригата за доставки на електронните магазини и увеличават продажбите чрез анализ на потребителското поведение, плащанията, доставките и конкуренцията.

3.2.2. Приложения в Интернет маркетинга

С понятието Интернет маркетинг означаваме използването на Интернет технологиите за планиране и реализация на концепцията, дистрибуцията, промоцията и ценообразуването на идеи, продукти и услуги с цел стимулиране на продажбите [Strauss и Frost 2001]. Развитието на Интернет води до значително нарастване на дела на онлайн дейностите за постигане на маркетинговите цели на предприятията. Все по-често чрез големи данни фирмите за онлайн търговия решават задачи на е-маркетинга – изучават потребностите и предпочитанията на клиентите, организират рекламни кампании и ценообразуват.

Иновативно нововъведение при онлайн търговията на дребно са т.н. „умни магазини“ (с дигитални екрани и адаптивни витрини), които генерират допълнителен Интернет трафик и моментални покупки. Така процесът на пазаруване преминава границата на физическия свят и се прехвърля в Мрежата. Появява се нов начин за търговия на дребно, т.н. реципрочното продаване, който комбинира онлайн и офлайн елементи за стимулирането на покупки [Apiletti и Forno 2014].

Чрез големите данни електронните продажби, мобилната търговия и физическите сделки постепенно се заместват от оферти, комбиниращи онлайн и офлайн елементи. Търговията на дребно се превръща в тотална търговия на дребно.

Качественото обслужване на клиентите е критичен фактор за успех на сайтовете за електронна търговия. Системите за препоръки улесняват компаниите за е-търговия при агрегирането на потребителски профили и подготовката на предложения, съобразени с индивидуалните интереси. Алгоритмите на мащабните системи за препоръки се състоят от офлайн и онлайн фаза и превъзхождат традиционните системи по точност на препоръките [Hu и др. 2015].

За по-добро обслужване на клиентите и подобряване на пазарното присъствие на фирмата, често се прилагат методи за текстов анализ (Text Analytics) и сентимент анализ на големи данни. Това са лингвистични и статистически техники (вкл. алгоритми за машинно обучение), които структурират съдържанието на текстови източници с цел откриване на ценна информация. Например чрез текстов и/или сентимент анализ неструктурираните коментари на клиентите във фирмените Facebook и Twitter страници се преобразуват в полезна информация. Socialmention.com, opinioncrawl.com са примери за често използвани сайтове за безплатен сентимент анализ.

Персонализацията на продуктите и услугите е сред най-важните приложения на големите данни в е-маркетинга. Изследване на Harvard Business Review показва, че персонализацията може да увеличи между 5 и 8 пъти възвръщаемостта (Return Of Investments) на маркетинговите разходи и да увеличи продажбите с поне 10% [Leibowitz и др. 2012]. С големи данни онлайн търговците проследяват поведението на потребителите и определят оптималния начин за преобразуването им в постоянни клиенти. Данните за престоя на клиент в електронния магазин се обработват в реално време и му се отправят персонализирани предложения (съдържание и/или промоция). Персоналните оферти следва да възнаградят лоялните клиенти и да са атрактивни за новите клиенти.

Освен създаването на специфични оферти за продукти и услуги, важен аспект на големите данни е, че те улесняват ценовата персонализация, известна още като динамично ценообразуване. Тук при определяне на цената на сделката се отчитат данни от множество източници – цени на конкуренцията, търсене на продукта, обем на продажбите, регионални предпочитания, действия на клиента. Доказано е, че при някои условия, ценовата дискриминация може да бъде взаимноизгодна и за фирмите, и за потребителите [Rayna и др. 2015].

3.2.3. Приложения при електронните плащания

Плащанията при електронната търговия се осъществяват чрез банкови карти и електронни платежни системи, които са онлайн аналог на традиционните инструменти за плащане. Най-често срещаните проблеми при е-плащанията са следните: измами с кредитни карти, измами при процеса на връщане (return fraud) и измами с идентичност.

При първия вид измами крадците използват фалшива или открадната кредитна карта. Това е най-разпространеният от трите вида измами. При измами при процеса на връщане, продуктът се връща след като вече е използван или се твърди, че той не е бил доставен. Характерно за последния вид измами е, че след кражба на персонална информация, стоките се доставят на друг адрес за доставка.

Използването на големи данни за създаване на регресионен модел на шаблоните на поръчките на клиентите, честотата на поръчките и адресите за доставка намаляват вероятността за измами [Yang и др. 2015]. Така големите данни и подходящата инфраструктура предотвратяват в реално време опитите за злоупотреби при е-плащания. Намаляването на измамите прави бизнес средата по-сигурна и увеличава приходите от електронна търговия.

3.2.4. Приложения във веригата за доставки

Основните проблеми на веригата за доставки при електронната търговия са свързани с оптимизацията на доставките на нецифровите стоки и обратната им логистика чрез ефективно управление на потоците от материали, стоки и информация. Добър пример за управление на веригата за доставки чрез големи данни е предсказването на приходите от определен продукт за бъдещ период. Разполагайки с прогноза за необходимите складовите запаси, търговецът може по-добре да управлява складовите разходи, като не допуска липса на наличност от ключовите продукти. Клиентите, от своя страна, имат достъп до информацията за статуса и местоположението на своите поръчки. Необходима е тясна комуникация между склада, транспортния отдел и системите на трети страни във веригата за доставки.

С помощта на големи данни, компаниите за електронна търговия са в състояние да изградят ефективна система за доставки, като управляват процеса на взаимодействие между доставчиците, логистиката, складовете, доставките и обратната логистика.

3.2.5. Приложения в мениджмънта

В условията на глобална конкуренция, много фирми промотират и продават своите продукти и услуги чрез уеб сайт, онлайн маркетинг и присъствие в социалните мрежи. Мениджмънтът управлява този процес в съответствие с добрите практики за приложение на технологичните иновации. Мениджърът на фирмата за е-търговия, съвместно с продуктовия и маркетинговия мениджър, са отговорни за стратегическите и тактически решения за развитие на онлайн бизнеса.

Етапите на процеса на вземане на решение в електронната търговия са добре познати от теорията на мениджмънта:

1. Разкриване на проблема в неудовлетворяващата ситуация
2. Дефиниране или формулиране на проблема
3. Търсене и анализ на възможните алтернативи за действие
4. Избор на алтернативи (вземане на решение)
5. Осъществяване на взетото решение
6. Оценка и контрол на резултата от решението.

Очевидно е, че големите данни биха подпомогнали практически всеки етап на процеса, с изключение на реализацията на взетото решение. Например вземането на решение кои продукти да се предлагат онлайн, на каква цена и кой е целевият пазар, са трудно решими задачи за многофакторна оптимизация. За намирането на приемливо решение следва да се обработи огромно количество структурирани и неструктурирани данни. В този случай големите данни подпомагат мениджърите да вземат по-информирани решения. Чрез решения на базата на данни (data-driven), фирмата предотвратява ненужни разходи, скъпи опити и дори грешни решения.

В областта на маркетинга, като наблюдават данните за трафика на уеб сайта (брой уникални посетители, брой посетители на страница и др.), мениджърите са в състояние да разработят маркетингов план за увеличаване на продажбите. Те анализират данните за транзакциите, за да проследят възвръщаемостта на маркетинговите кампании, ефективността на маркетинговите канали и лоялността на клиентите.

Сигурността е критичен фактор за успеха на онлайн търговията. Съвместно с доставчиците на платежни системи, мениджърите разработват сигурни механизми за разплащане като защитават персоналните данни на клиентите. Те са отговорни за надеждното съхранение и опазването на клиентските данни от киберзаплахи. Големите данни могат да гарантират високо ниво на сигурност на уеб сайта чрез превенция от атаки, които биха нарушили достъпа на клиентите до услугата.

Мениджмънтът в електронната търговия има за задача да предсказва пазарния тренд, да разкрива скрити възможности и да планира развитието на бизнеса. Прилагането на интелигентни анализи с големи данни в управлението на електронната търговия повишава ефективността на мениджърските дейности (планиране, организиране, координиране и контрол), тъй като процесът на вземане на решения се базира на огромен обем данни.

3.3. Приложения във финансите и застраховането

Финтех (финансови технологии, FinTech) компаниите използват нови технологии и иновации, за да се конкурират с традиционните финансови организации в лицето на банки и посредници на пазара на финансови услуги. Към финтех организациите се отнасят както технологични стартъпи, така и съществуващи големи компании, които се стремят да подобрят и оптимизират наличните финансови услуги. Сред основните области на приложение на финтех са автоматизация на застрахователните услуги и управление на рискове.

От технологична гледна точка, финтех са нови приложения, процеси, продукти или бизнес модели за финансови услуги чрез Интернет. Финтех услугите се предоставят едновременно от няколко независими доставчика, като поне един от тях е лицензирана банка или застрахователна компания. Взаимодействието се осъществява чрез интерфейси от типа Application Program Interface (API) и се регулира чрез специални закони и нормативни актове, като Европейската директива за платежни услуги (European Payment Services Directive).

Факторите, които предизвикват бурното развитие на технологичните иновации във финансите са следните:

- загубата на доверие в банковата система, причинена от световната икономическа криза;
- високите и непрозрачни банкови такси, които нарастват допълнително заради ниските лихвени проценти;
- промените в покупателните навици и предпочитанията на новите поколения Y, Z и Алфа.

Приложението на финансовите технологии модернизира традиционните финансови услуги и продукти в следните направления[14]:

- плащания и преводи – онлайн разплащания, онлайн преводи, P2P обмен на валута (преводи между физически лица), B2B разплащания и преводи (преводи между юридически лица), облачни каси и смарт терминали, услуги за масови плащания;
- финансиране – P2P потребителско кредитиране, P2P бизнес кредитиране, краудфъндинг;

[14] Центральный банк Российской Федерации (2017). Основные направления развития финансовых технологий на период 2018–2020 годов. https://www.cbr.ru/statichtml/file/36231/on_fintex_2017.pdf Посетен на 31.03.2020 г.

- управление на капитала – робо-съветници и приложения за финансово планиране, социален трейдинг, алгоритмична борсова търговия, целеви спестявания.

Възможни са различни сценарии за доставка на финансови услуги чрез облачни технологии[15].

Инфраструктурни услуги. Както в други области, така и във финансовата сфера съществува практика за пренос на критични бизнес функции в облачна инфраструктура – счетоводни операции, управление на рискове и информационна сигурност. За целта често се използва публична облачна инфраструктура на технологичните гиганти Amazon, Microsoft или Google.

Сигурност като услуга. Доскоро организациите внедряваха решения за информационна сигурност в своята собствена инфраструктура. Преходът от частни към облачни решения прави възможно внедряването на висококачествени съвременни системи за защита на информацията при намаление на общата цена за придобиване за организацията чрез отказ от внедряване и поддържане на софтуер и хардуер, а оттам, и чрез намаление на разходите за обслужващ персонал.

Най-разпространените облачни решения за защита на информационната сигурност са следните:

- антивирусни услуги;
- защита от спам;
- защита на съхранената информация;
- защита от измами;
- защита от DDoS атаки.

Разпространяват се и нови услуги, като например облачни решения, предоставящи съхранение и използване на частни ключове за цифрови подписи.

Облачна среда за обмен на данни. Важен елемент на облачната инфраструктура за финансовия сектор е средата за обмен на данни чрез API, която интегрира облачните компоненти на доставчика на инфраструктура и частните компоненти на клиентите-финансови институции. Например кредитна организация интегрира своя бизнес процес „обработка на заявка за кредит“ с услуги от тип Know Your Customer анализи или кредитен скоринг, предоставени от облачен доставчик. Финансовата организация има едновременен достъп до облачните услуги на няколко доставчика с цел избор на услугата, която е най-подходяща за решаването на конкретната задача.

Счетоводни операции. Този вид облачни услуги са полезни за новите играчи на пазара на финансови услуги. Услугата облачен бек-офис не изисква

[15] Центральный банк Российской Федерации (2018). Применение облачных технологий на финансовом рынке.
https://www.cbr.ru/Content/Document/File/59559/Consultation_Paper_181218.pdf Посетен на 31.03.2020 г.

значителни инвестиции, тъй като ИТ инфраструктурата, обслужващия персонал и оперативните процеси се мащабират пропорционално на броя на извършените операции. Доставчици на подобна услуга са финансови организации, предоставящи услугата бек-офис (Bank as a service) или технологични компании, предлагащи автоматизация на дейностите на бек-офиса.

Достъп до платежни системи. Доставчик на облачна платформа предоставя шлюзове за връзка с платежни системи по абонаментен модел, аналогично на описания по-горе модел за счетоводни операции под наем. В този случай, доставчикът предлага безопасна и мащабируема интеграция с платежни системи, например със системи за банкови карти или системи за бързи плащания. Организацията-клиент инсталира своята автоматизирана банкова система в облака и лесно я интегрира с платежните системи, съкращавайки по този начин разходите си за инфраструктура.

Шаблонни приложения на базата на технологията за разпределени регистри. Задължително условие за включване към системи, базирани на технологията за разпределени регистри (Distributed Ledger Technology), е наличието на инфраструктура за инсталиране на съответното решение от страна на организацията. Възможността да се създаде бизнес приложение на основата на разпределени регистри от типови шаблони и впоследствие, да се инсталира приложението в облачна инфраструктура, намалява времето за пускане на продукта на пазара и разходите за неговото производството. Microsoft предоставя подобни шаблони в облачния продукт Azure Blockhain Workbench, а Amazon – в Amazon Web Services Blockchain.

RegTech услуги. Логично продължение на трансфера на оперативната дейност в облачната инфраструктура е реализацията на облачни RegTech услуги, като задължителна финансова отчетност и нейното предаване на финансовия регулатор и другите държавни органи. Предимство на осъществяването на финансови услуги в облачна инфраструктура е, че при този начин на работа се създава среда за автоматизирано изпълнение на регулаторните изисквания за противодействие на изпирането на пари и финансирането на тероризма.

Бизнес модели за финансови организации в облачна среда

Финансовите организации съкращават своите разходи чрез „колективна“ реализация на функциите, които не им носят конкурентно предимство, като автоматизирани банкови системи, подготовка на отчетни документи за регулаторните органи и сертифициране на механизмите за информационна сигурност. Облачните решения улесняват достъпа до пазара на финансови услуги за иновационните компании. Опростената интеграция между финансовите и технологичните компании понижава транзакционните разходи и прозрачността и ускорява адаптацията на финансовите организации към променящите се условия на пазара. Комплексните решения в облачна среда често са по-качествени от тези, реализирани в собствена инфраструктура. Например достъпът до максимално пълен набор от данни е предимство в области като кредитен скоринг, противодействие на измамите, изпирането на пари и финансирането на тероризма.

Основните бизнес модели за финансови организации в облачна среда са:

Нишова финтех компания – организация с експертиза в тясна област, като дистанционно банково обслужване или кредитен скоринг въз основа на анализ на потребителското поведение на клиенти на дребно в Интернет.

Дистрибутор – организация, която представлява „супермаркет“ за финансови продукти. Потребителите могат да сравняват предложения и да сключват най-изгодните сделки, без да напускат платформата. Успешни са дистрибуторите, които постепенно увеличават клиентската си база, осигурявайки значителен брой доставчици и привличат нови доставчици, увеличавайки броя на клиентите си (т.н. „мрежов ефект“).

Продуктова фабрика – специализирана финансова организация за разработване на бизнес процеси и предоставяне на финансови услуги като отпускане на кредити, откриване на депозити, застрахователни продукти, управление на финанси, операции с гаранции и акредитиви.

Технологична компания – организация с експертиза в областта на създаването на високопроизводителни, мащабируеми и гъвкави ИТ системи. Ключовата компетенция на интегратора е способността да реализира готово ИТ решение, интегриращо множество ИТ системи.

Във времена, в които облачните услуги намират все по-голямо приложение и все повече информационни системи за компании от реалния сектор поначало са създадени за работа в облачна инфраструктура, приложението на новите технологии във финансовия сектор все още е ограничено. Този факт е свързан с липсата на правила и механизми, гарантиращи подходящо ниво на управление на операционните и регулаторни рискове при аутсорсинг на критично важно функции на финансовите организации. Целесъобразността на преноса на критични бизнес операции в облачна инфраструктура зависи от прозрачността и изпълнимостта на регулаторните изисквания за управление на рисковете. Значителна част от иновационните решения във финансовата сфера се базира на усъвършенстваните анализи (Advanced Analytics), чието качество зависи от възможността да се обединят максимално количество данни. Една от предпоставките за развитие на екосистемата на облачните финансови услуги е наличието на регулаторни изисквания за изпълнение на задължение за предоставяне на лични данни по искане на трета страна, получила съгласието на клиента за тази операция (data portability). Това е причина за развитието на облачните финансови услуги в ЕС, където в рамките на Втората платежна директива (Revised Payment Services Directive) и инициативата Open Banking Standard се внедряват отворени API и се въвежда режим за преносимост на персонални данни в рамките на общия регламент за защита на данните (General Data Protection Regulation).

Финтех в застрахователния сектор

През 2017 г. е публикуван доклад на Международната асоциация на надзорните органи по застраховане (International Association of Insurance Supervisors), посветен на финтех иновациите, които са от значение за застрахователния сектор[16]. Според този доклад най-важните финтех нововъведения в застраховането са следните:

- нововъзникващи технологии: цифрови платформи, Интернет на нещата, телематика, големи данни, анализ на данни, компаратори, робосъветници, машинно обучение и разпределени технологии като блокчейн и интелигентни договори;
- нови бизнес модели: застраховки от тип „равнопоставени партньори“ (peer-to-peer), застраховки само за периода на използване на застрахованата вещ, застраховки при поискване.

В доклада се посочва, че движеща сила на иновациите в застрахователния сектор са бурното технологично развитие и повишените очаквания на клиентите. За да се идентифицира потенциалното въздействие на технологичните нововъведения, в доклада се разглеждат три сценария. Целта е да се прецени до каква степен новите технологични фирми биха могли да разрушат модела на застрахователния бизнес. При първия сценарий съществуващите застрахователи успешно поддържат връзките с клиентите си и използват технологичните фирми в своя полза. При втория сценарий веригата на стойността в застраховането се фрагментира, тъй като на пазара се появяват нови застрахователни компании с възможности за технологично развитие. Традиционните и добре познати отношения с клиентите намаляват. При третия сценарий традиционните застрахователи са напълно погълнати от големи технологични компании, като Google, Amazon или Facebook, които предоставят и застрахователи услуги за задоволяване на предпочитанията на клиентите.

Развитието на облачна финансова инфраструктура създава конкурентна среда, която ще ускори растежа на финансовия сектор.

3.4. Приложения във висшето образование

Съвременните висши учебни заведения прилагат разнообразни организационно-технически средства за оптимално провеждане на учебния процес. Обикновено се използва смесено обучение, което съчетава традиционните

[16] International Association of Insurance Supervisors (2017). Fintech developments in the insurance industry. https://www.bis.org/fsi/fsisummaries/fintech.htm Посетен на 31.03.2020 г.

методи на преподаване с иновационни решения като динамични среди за електронно обучение [Ананченко и Шапаренко 2015, Ilieva и Yankova 2020]. Оптималната организация на учебния процес, от една страна, трябва да гарантира качествена подготовка по избраната специалност съобразно държавните изисквания и потребностите на пазара на труда. От друга страна, количеството на обработваната информация постоянно нараства, появяват се нови методи за обработка и систематизация на данни. Съвременните специалисти трябва постоянно да повишават нивото на своята подготовка, за да отговарят на изискванията за заемане на съответната длъжност и да имат шанс за кариерно развитие. Тези нови обстоятелства поставят през висшите училища задачата не само да осъществяват традиционно обучение, но и да организират програми за повишаване на квалификацията и преподготовка на специалисти. Учебните заведения, провеждащи обучение в задочна форма, които активно прилагат съвременни технологии за отдалечен достъп към информационните ресурси на висшето училище, имат конкурентно предимство пред висшите училища, които не прилагат в достатъчна степен съвременните технически постижения [Ананченко 2015].

Облачните технологии намаляват разходите за организация на учебния процес и повишават неговата ефективност. Например с помощта на облачните изчисления, освен традиционната работа в компютърни зали с програмни продукти, инсталирани като desktop приложения, студентите ползват компютрите като терминали за връзка с виртуални машини, работещи в облака. Предимството на този начин на работа е, че той елиминира ограниченията, свързани с недостатъчната изчислителна мощност на компютрите. Друго предимство е, че при необходимост, занятията могат да се провеждат в различни компютърни зали, т.е. гарантира се мобилност на обучението по местоположение на обучаваните. Необходимо е обаче да се изгради устойчив канал за достъп, позволяващ непрекъсната връзка със сървърите, на които са стартирани използваните в учебния процес виртуални машини. При традиционното програмно осигуряване, процесът на инсталация често отнема значително време. Освен това, при традиционния подход не само учебните групи са фиксирани към учебните зали със необходимия софтуер, но и нерядко възникват проблеми по повод съвместимостта на програмното осигуряване, инсталирано за отделните учебни дисциплини. При облачния подход за всеки студент може да се създаде индивидуална виртуална машина, генерирана специално за конкретното занятие в рамките на конкретна учебна дисциплина. По този начин се унифицират учебните места и се изключва ситуация, при която студент не може да работи наравно с останалите, тъй като настройките на компютъра са междувременно променени или изтрити. След приключване на занятията, състоянието на виртуалните машини се запаметява. Този вариант е приемлив и за системните администратори, тъй като съхранените виртуални машини заемат само дисково пространство и не ангажират процесорни ресурси. Заявката на необходимото количество виртуални машини и тяхната конфигурация (обем на оперативната памет, тип и брой на процесорите, операционна система и софтуер) може да се автоматизира, например чрез уеб интерфейса на Интранет портал.

Друг важен за висшите училища аспект е проследяването на правилното използване на лицензирани програмни продукти от обучаваните. Ако софтуерът е инсталиран в облака, то механизмите за контрол кой и как използва програмното осигуряване се опростяват в сравнение с варианта, при който обучаваните инсталират софтуера локално на своите домашни компютри. Друго предимство на разполагането на софтуер в облака е, че се решава проблема за централизирания ъпгрейд. За всички студенти, работещи в облака, преходът към нова версия се осъществява едновременно, тъй като всички те работят с едни и същ софтуер.

Съществуват специализирани облачни решения, предназначени за учебни заведения, като например Google Apps for Education и Microsoft Live@Edu. Технологията Google Apps for Education предоставя набор от безплатни облачни приложения за образователни институции. Live@Edu е услуга на Microsoft с подобни функционалности и качество. Студентите и преподавателите ползват и обществени облачни услуги за съхранение на данни, като например Dropbox или OneDrive. С тяхна помощ се съхраняват и обменят файлове от и на всяко устройство, свързано с Интернет. При избора на облачно хранилище за данни трябва да се отчитат параметри като безплатно предоставян обем памет за съхранение на файлове, автоматична синхронизация между всички устройства на потребителя, възможност за хипервръзки, които да се споделят в публичното пространство. Особено важно е да се гарантира сигурност на съхранените данни, например чрез криптирания протокол TLS (бивш SSL) при обръщение на потребителя към облачното хранилище; да се поддържа режим на прозрачно шифриране на файловете в хранилището; да се предлагат инструменти за проверка на изтегляните файлове за компютърни вируси. Освен защита на персоналните данни, трябва да се гарантира и защита на метаданните в откритите файлове и защита на достъпа до закритите данни. Метаданните (данни във формат Exchangeable Image File Format, EXIF) присъстват в медия файловете и съдържат допълнителна информация, като начин на създаване на файла, автор, GPS координати на мястото на снимката.

Облачните технологии съществено намаляват капиталовите разходи, свързани със създаването и обслужването на собствени изчислителни центрове, като гарантират мащабируемост и висока достъпност на услугите. Нараства удовлетвореността на крайните потребители (студенти, преподаватели, учебно-помощен персонал) и се освобождава допълнително време за работа по образователни и научноизследователски задачи.

Освен предимства, използването на облачните технологии крие и редица рискове:

- сигурност на данните – трябва да се предприемат специални мерки за предотвратяване на несанкциониран достъп до информацията, съхранена в облака;
- органичен достъп – възможни са DoS атаки, съществува и риск от физическа повреда на мрежовата среда;
- зависимост от доставчика на облачни услуги – в случай, че учебното заведение не ползва само частен облак, а разчита на публична или хибридна инфраструктура, преходът към друг доставчик може да се окаже скъп и трудоемък процес, изискващ пренос на голям обем данни.

Приложението на облачните технологии във висшите учебни заведения е перспективно направление, позволяващо да се повиши ефективността на учебния процес и да се съкратят разходите за неговото осъществяване.

Днес облачните технологии са в основата на корпоративните комуникации – те осигуряват инфраструктурни услуги като уеб хостинг и електронна поща, повишават производителността на ИТ инфраструктурата, филтрират уеб съдържание. Данните, съхранени в облака, са достъпни от произволна точка на света при наличие на изчислително устройство с Интернет свързаност. Достъпът до заявените ресурси е изключително бърз, тъй като необходимите настройки отнемат само няколко минути.

Понастоящем заради пандемията от COVID-19 много страни по света налагат редица ограничения, за да се намали разпространението на вируса. Това води до значително редуциране на потреблението на енергийни източници като нефт и газ, и оттам, до намалена употреба на облачни услуги за управление на ИТ ресурси. Освен това поради прекъсването на някои вериги за доставки, спират и някои производствени дейности. Така се стига до намаление на използването на облачни услуги по вертикала в цели индустрии като например производство на електрическа енергия.

От друга страна обаче, в условията на пандемия и поради липсата на ИТ персонал на място поради карантината, предприятията все по-често използват облачните услуги за мониторинг и поддръжка на своите сървърни инсталации и центрове за данни. Бизнесът разчита на Облака, за да създаде отказоустойчиви системи, гарантиращи достъп за служителите, работещи от разстояние и да защити целостта на данни и бизнес приложенията. Предприятията все по-често се ориентират към услугите на центрове за данни, за да подобрят сигурността, да избегнат престоите в мрежата и да постигнат оперативна ефективност.

За трите основни типа облачни изчисления (IaaS, PaaS и SaaS) са известни множество добри практики за приложението им. Всяка организация трябва да обмисли добре различните възможности, когато решава коя облачна стратегия най-добре отговаря на нейните потребности.

4. ПРОБЛЕМЪТ ЗА ИЗБОРА НА ОБЛАЧНА ТЕХНОЛОГИЯ И МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ПОДХОД ЗА НЕГОВОТО РЕШАВАНЕ

Все повече предприятия, осъществяващи дигитална трансформация на бизнеса си, осъзнават, че за да са конкурентоспособни трябва да използват колкото е възможно повече данни. За целта се инвестира в разнообразни бизнес приложения – за мониторинг на веригата за доставки, за управление на производствените процеси, за комуникация с клиенти и др. В подобна ситуация логично възниква въпросът „Кой е най-добрият вариант за достъп до изчислителна инфраструктура, платформа и/или бизнес софтуер?“. Облакът предоставя такава възможност чрез центрове за данни, цялостна ИТ платформа, софтуер или бизнес процеси като услуга.

Винаги ще съществуват обаче определени бизнес процеси, които предприятията ще предпочитат да запазят за себе си (на място). Например за осигуряване на максимално бързо време за реакция, обработката трябва да се случва близо до мястото на генериране на данните. Това изключва възможността данните да бъдат изпращани в публичен облак. От друга страна, много компании са ограничени от законодателни или регулаторни изисквания или не биха изпратили данните си за обработка в други страни. Налице е и икономически фактор – публичните облаци не винаги са най-евтината възможност.

Предполага се, че много предприятия биха предпочели облачен модел, които комбинира публични услуги и собствени облаци. Това предположение се подкрепя от факта, че Amazon вече предлага възможност за преместване на част от инфраструктурата при клиента, а в Google обсъждат подобни възможности[17].

Облачните услуги са в основата на нови бизнес модели чрез реинженеринг на работни процеси, операции и обмен на данни, както вътре в организациите, така и на междуорганизационно ниво. Гъвкавостта на виртуализираните ресурси, високата им наличност и устойчивостта им на грешки са само част от многобройните предимства на облачните технологии пред традиционната ИТ инфраструктура. Това е причината все повече организации да оптимизират своите процеси и да улесняват достъпа на потребителите до операциите чрез облачна инфраструктура [Aljabre 2012, Ilieva и др. 2015, Popchev и Orozova 2019].

Проблемът за избора на облачна услуга е особено важен за МСП, тъй като внедряването на облачни приложения би подобрило тяхната производи-

[17] VMware: Светът на облаците ще е хибриден. 30 април 2019 г. http://computerworld.bg/167822396_rej_ofaral_vmware_svetat_na_oblacite_shte_e_hibriden, Посетен на 31.03.2020 г.

телност и би позволило оптимално управление на бизнес процесите при гарантирана сигурност на данните и приемлива цена. Често обаче мрежовите администратори в малките фирми са заети с рутинни задачи и нямат достатъчно време за повишаване на квалификацията си.

Изборът на правилната облачна технология би осигурил на МСП бърз и удобен достъп до разнообразни ресурси (ИТ инфраструктура, бизнес анализи, машинно обучение и Интернет на нещата) и би подобрил тяхната конкурентоспособност [Vidhyalakshmi и Kumar 2016].

Според проучване, посветено на възприемането на облачни услуги в България, проведено през 2019 г., малкият бизнес изостава от средните и големите предприятия в страната – с внедряване съответно в 7%, 15% и 30% от компаниите в трите сегмента. Забавянето на българските предприятия е значително в сравнение с предприятията в ЕС, като степента на внедряване е съответно 23%, 36% и 56% за малки, средни и големи компании [CIO 2019].

Остава обаче открит въпросът как да се избере оптималната изчислителна инфраструктура.

4.1. Подходи за решаване на проблема за избор на облачна технология

Изследванията, посветени на методите за сравнение и избор на облачни технологии, могат да се разделят на четири основни групи: 1) изисквания, свързани с конкретна ИТ функция; 2) спецификации на стандарт ISO/IEC 25010; 3) индикатори за оценка на облачни услуги; 4) финансови модели и 5) методи за вземане на решения чрез МКА.

Изисквания, свързани с конкретна ИТ функция. Предприятията се различават по своя размер, икономическа дейност, зрялост и съответно, имат различни изисквания към облачните услуги. Таблица 2 съдържа примерни сценарии за внедряване на изчисления в облака, като потребителят лесно може да направи сравнение между необлачните и облачни решения. Общото между сценариите е, че те демонстрират удобството на ИТ решенията в публични облаци, които не изискват инвестиции в хардуер и софтуер от клиентите (Таблица 2) [Williams 2010].

Модел за оценка на качеството ISO/IEC 25010. ISO/IEC 25010 (наследил ISO/IEC 9126) е основен модел, представящ качеството на софтуерния продукт като синтез от структурно свързани характеристики. Качеството на софтуера е важна негова характеристика, но недостатъкът на този подход е, че той е приложим за оценяване само на SaaS [ISO/IEC 25010 2011].

За да се измери ефективността на приложения, базирани на облачни изчисления, Ravanello и др. предлагат рамка за измерване на ефективността на данните от log данните на реален център за данни, като „картографират“ и

Таблица 2. Дванадесет сценария и съответните решения без и с облачни услуги

Потребителски изисквания	**Модел на място**	**Облачно решение**
1. Стартиращ бизнес се нуждае от електронна поща, споделяне на файлове и офис приложения за своите служители и подизпълнители	Инсталират се пощенски сървър и VPN за споделяне на файлове; инсталира се необходимия софтуер на компютрите на служителите и се постига договорка с под-изпълнителите те да ползват свои офис приложения	Използва се онлайн пакет с офис приложения (SaaS)
2. Офис компютрите или преносимите компютри са остарели и desktop приложенията работят бавно, софтуерът също е остарял и се нуждае от подмяна	Прави се ъпгрейд на компютрите и се инсталира нов и подобрен настолен софтуер	Избира се моделът SaaS, като софтуерът се достъпва през браузър на съществуващите компютри
3. Отдалечен достъп за служителите с цел те да ползват desktop софтуера и данните, налични в офиса	Настройват се VPN връзки за отдалечен достъп, включително достъп до мрежово устройство или се ползва услуга на трета страна за връзка с компютрите в офиса отвсякъде	Използват се виртуални хоствани desktop приложения, достъпни отвсякъде (включително от офиса и от дома) или други SaaS решения
4. Мобилна работа	Модифицират се ключовите ИТ системи, за да са достъпни от мобилни устройства като смарт телефони	Използва се SaaS за мобилни решения
5. Нова система за управление на взаимоотношенията с клиентите (CRM) за отдел Продажби	Настройват се един или повече сървъри за CRM бази от данни и се инсталира desktop софтуер на потребителските компютри (ако е необходимо)	Използва се SaaS CRM, достъпна чрез уеб браузър
6. Гарантиране на сигурността на данните, съхранявани на преносими компютри, изнесени извън офиса	Шифрират се важните данни, съхранявани на лаптопи, така че да не са достъпни без парола	Съхранение и достъп до данните в облака чрез SaaS, без да се изтеглят върху лаптопи
7. Онлайн работа съвместно с партньорски фирми	Инсталира се софтуер на трета страна или софтуер-собствена разработка на уеб сървър	Избира се SaaS софтуер за съвместна работа или се разработва нов софтуер с PaaS

8. Необходимо е да се разработи софтуер за управление на фирмените бизнес процеси	Инсталират се множество сървъри за разработване, тестване и управление на производство	Използва се облачна платформа за развойна дейност (PaaS), която поддържа интеграция на системите
9. Разпространение на нов бизнес софтуер до клиентите	Създава се desktop софтуер и той се продава онлайн или върху външен носител	С помощта на PaaS се създава уеб базиран софтуер, който може да се продава на онлайн пазар чрез доставчика на платформата
10. Нова маркетингова кампания временно претоварва уеб сървъра	Настройва се или се ъпгрейдва сървъра, така че да се справи с голям брой заявки за кратък период време	Сайтът се премества върху еластичен публичен облак (IaaS), който може гъвкаво да реагира на натоварвания и спадове в уеб трафика
11. Автоматизиран backup за ИТ системи и бизнес данни	Инвестира се в център за данни	Използва се IaaS с виртуални сървъри за backup на данните
12. Необходими са сложни компютърни симулации	Използва се само наличния хардуер, независимо от големия обем на работата	С помощта на IaaS симулациите се изпълняват във временен компютърен грид

Източник: [Williams, 2010]

анализират статистически една от характеристиките на модела за качеството на ISO, а именно, поведение във времето [Ravanello и др. 2014].

Методи на капиталовото бюджетиране. Полезността на проект за внедряване на облачни технологии може да се определи чрез финансови модели, основаващи се на отчетени и/или очаквани приходи и разходи от/за инвестиции. Основните методи на капиталовото бюджетиране, приложими и за оценка на облачни услуги, са следните: метод на изплащането (Payback Period), счетоводна норма на възвръщаемост на инвестицията (Return of Investment, ROI), нетна настояща стойност (Net Present Value, NPV) и вътрешна норма на възвръщаемост (Internal Return Rate, IRR). Някои от моделите са статични, като се фокусират върху паричните постъпления, без да отчитат риск или промени във времето (Average Annual Rate), докато други са динамични (Net Present Value, Payback Period or Internal Rate of Return).

Misra and Mondal предлагат за оценка на облачни услуги метод ROI, който се настройва според потребителските предпочитания. Моделът обхваща множество нематериални ползи, за да създаде по-точна картина за полезността на облачната услуга за потенциалните потребители. За да определят дали облачна услуга е подходяща за внедряване в дадена компания, авторите разглеждат следните четири групи с ключови критерии: характеристики на необходимите ИТ ресурси; шаблони за употреба на тези ресурси; чувствителност на данните, обработвани с помощта на тези ресурси и важност за дейността на компанията [Misra и Mondal 2011].

Моделите за оценка на качеството и финансовите модели за оценка на софтуер имат своите ограничения. Традиционното акцентиране върху техническите и финансовите аспекти на облачните технологии води до пренебрегване на техните социални и организационни измерения. Това може да повлияе негативно върху обективното отчитане на реалния ефект от инвестициите [Laudon и Laudon 2016].

Метрики за оценка на облачни услуги. За да изберат най-подходящата облачна услуга, клиентите трябва да идентифицират и оценят облачните характеристики, които са най-съществени за решаването на техния проблем. Облачните услуги са особено подходящи при разработването на системи, подпомагащи вземането на решения (Decision Support Systems) и екзекутивни ИС (Executive Information Systems). Проблемът тук е, че има много доставчици, които предлагат разнообразни облачни решения и е трудно да се подбере набор от показатели за оценка на коренно различни облачни услуги.

Националният институт за стандарти и технологии (National Institute of Standards and Technology) на САЩ[18] и корпорация Oracle[19] дефинират три групи от показатели за оценка на облачни услуги: показатели за оценка на качеството на услугите (Service Level Agreements), показатели за измерване на услугите и вътрешни показатели за оценка на облачни услуги. Като част от рамката за вземане на решения за преход към облачно решение, наличието на измерими данни (например за качеството на услугата, наличността и надеждността ѝ) предоставя на клиента инструменти и възможности за информиран избор според особеностите на предоставяната услуга.

Bardsiri и Mohsen предлагат различни QoS показатели за избор на доставчици на облачни услуги. Авторите подробно дискутират възможните метрики за оценка на услугите и предлагат набор от показатели (показатели за оценка на производителността, икономически показатели и показатели за оценка на сигурността) за сравнение на облачни услуги [Bardsiri и Mohsen 2014].

[18] Cloud Computing Service Metrics Description. 2014 https://www.nist.gov/system/files/documents/itl/cloud/RATAX-CloudServiceMetricsDescription-DRAFT-20141111.pdf Посетен на 31.03.2020 г.

[19] Viewing Instance Metrics, Using Oracle Cloud Infrastructure Compute Classic. 2020 https://docs.oracle.com/en/cloud/iaas/compute-iaas-cloud/stcsg/viewing-instance-metrics.html Посетен на 31.03.2020 г.

Многокритериален анализ. Идеята за многокритериален избор на иновативна технология не е нова. Z. u. Rehman и др. правят обзор на съществуващите подходи за избор на нова технология. Те формализират проблема, създавайки концептуална рамка и предлагат подход за определяне на сходството между вектора на изискванията и векторите с характерните особености на услугите-кандидати, за да препоръчат най-подходящият кандидат [u. Rehman и др. 2011, Popchev и Radeva 2019].

Sun и др. изследват съвременни подходи за избор на облачни услуги, като ги анализират по следните пет групи от критерии: техники за вземане на решения, модели за представяне на данни, параметри и характеристики на облачните услуги, контекст и цел [Sun и др. 2014].

Alabool и др. представят систематичен литературен обзор, основан на шест елемента: цел, критерии, оценки по критериите, техники за събиране на данни, техники за синтез и процес на оценяване. Тези компоненти, заедно с методите за оценяване на облачни услуги, са в основата на представения анализ на научни публикации от периода 2006–2016 г. [Alabool и др. 2018].

Kumar и др. предлагат модел за избор на облачна услуга в размита среда чрез AHP и TOPSIS. Недостатък на предложения модел е, че той разчита само на един метод за МКА [Kumar и др. 2017].

Според Şener и др., повечето от съществуващите разработки за избор на облачна услуга представят решения, включващи един единствен метод за вземане на решения. Авторите предлагат цялостно решение под формата на система за вземане на решения, наречена ClouDSS, която предлага различни методи за МКА за оптимален избор на облачна услуга [Şener и др., 2017].

Ilieva предлага система за избор на облачна услуга, обхващаща три размити многокритериални методи – VIKOR, TOPSIS и EDAS. Задачата за многоатрибутен анализ на платформи за големи данни се решава според 17 критерия за QoS и два набора от потребителски изисквания [Ilieva, 2019].

Farshidi и др. създават нова система, подпомагаща вземането на решения чрез техниката за приоритизиране MoSCoW за оценка на теглата на критериите и намаляване на несигурността. В своята работа, авторите въвеждат различни модели за оценка и прилагат модела за оценка на качеството на ISO/IEC за изясняване на взаимоотношенията между отделните критерии за оценка [Farshidi и др. 2018].

Nawaz и др. предлагат нова методика за наредба на облачните услуги според предпочитанията на потребителите. За сравнение на услугите авторите прилагат метода Best-Worst [Nawaz и др. 2018].

Тъй като процесът на вземане на решения предполага субективизъм и известна неяснота, желателно е при избора на подходяща технология в несигурна среда да се борави с размити оценки [Ilieva 2011].

Sun и др. построяват размита онтология за моделиране на несигурни взаимоотношения между обекти в бази от данни за избор на подходяща облачна услуга и представят нов вариант на метода AHP за изчисляване на семантичното сходство между понятията. На тази основа, авторите прилагат многокритериален метод за вземане на решения за наредба на облачни услуги [Sun и др. 2016].

Upadhyay предлага рамка за оценяване и класиране за облачни услуги. Най-напред той изяснява ролята на качеството на услугата при избора на облачна технология. С помощта на предложената, рамка авторът демонстрира практическото приложение на новия подход за сравнение според критерии за QoS [Upadhyay 2017].

Jaiswal и Mishra също класират облачни услуги според количествени QoS критерии, използвайки TOPSIS и размит TOPSIS. Теглата на критериите се пресмятат чрез методите AHP и ANP [Jaiswal и Mishra 2017].

Според Sohaib и др. за лицата, вземащи решения, е важно да подберат оптималния модел на услугата за облачни изчисления, което е по същество задача за многокритериален избор. За да се справят с този проблем, авторите предлагат размит TOPSIS, като за определяне на набора от подходящи критерии изучават взаимоотношенията Технология–Организация–Околна среда. Анализът на получените резултати показва, че SaaS е най-подходящият избор за малки и средни предприятия, занимаващи се с електронна търговия по следните критерии: сложност, надеждност, защита на лични данни, организационна готовност и размер на фирмата [Sohaib и др. 2019].

Krishankumar и др. създават рамка за избор на доставчик на облачни услуги за организациите. Най-напред авторите задават набор от показатели за сравнение според експертни мнения, литературен обзор и анализ на пазара на облачни услуги. В изследването се предлага интуиционистки размит AHP с проверка на консистентността на матрицата на решението [Krishankumar и др. 2017].

Независимо от големия брой публикации, посветени на избора на облачни технологии, към момента липсват достатъчно изследвания по проблема за груповия многокритериален избор на облачна услуга при неточни оценки [Ilieva и др. 2020]. Освен това, макар и да предоставят ценна информация, споменатите по-горе изследвания имат и някои недостатъци:

1. Често в критериалните системи се включват само показатели за производителността на облачните услуги, а оценката следва да е функция и на много други параметри, като социални и организационни фактори;
2. В повечето публикации не се обръща достатъчно внимание на проблема за редуцирането на индикаторите за оценка;

3. Ако оценката зависи от качествени фактори, то тяхното преобразуване в количествени данни често е субективно и е за предпочитане то да се извършва с помощта лингвистични променливи или размити числа.

За преодоляване на тези недостатъци се предлага нова многокритериална методика за оценяване на облачни услуги. Предимствата на новата методика са следните:

- обхваща набор от съвременни методи за МКА;
- предложената процедура за вземане на решение за избор на облачна услуга не изисква сложни пресмятания;
- приложима е както при работа както с реални оценки (максимизиращи и минимизиращи), така и с размити оценки в случаите на неточна информация;
- новият вариант на работа позволява решението да се взема както индивидуално, така и групово – с участието на група експерти;
- процедурата е гъвкава и позволява вграждането на съществуващи системи за оценка на фирмена ефективност като критични фактори за успех (Critical Success Factors), ключови показатели за ефективност (Key Performance Indicators), балансирана система показатели (Balanced Scorecard), както и комбинации от тях.

4.2. Методика за оценка на облачни услуги чрез групов МКА

Пазарът на облачни технологии е силно динамичен, а разнообразието от облачни услуги допълнително усложнява избора на потребителите. За сравнение, оценяване и избор на предлаганите алтернативи, предлагаме методика, състояща се от шест стъпки (Фигура 2).

Стъпка I. Изучаване на потребността на потенциалния клиент от облачна услуга

В първата стъпка на методиката се събира информация за размера и дейността на предприятието и се систематизират потребителските изисквания. Прилага се анкетно проучване или дълбочинно интервю. Допълнителна информация за показателите, участващи в проучването, като тип на фирмата (стартираща или съществуваща фирма), наличен хардуер и сървъри (морално и материално остарели или модерни), необходимост от отдалечена работа и мобилен достъп, може да се намери в работата на Misra и Mondal

Фигура 2. Блок-схема
на предложената методика за избор на облачна услуга
(ОТ – облачна технология, ОУ – облачна услуга)

[Misra и Mondal 2011]. Данните за спецификата на потребителските изисквания се събират с помощта на анкетната карта, предложена от Ilieva и др. [Ilieva и др. 2020]. Събраните емпирични данни се кодират по подходящ начин.

Стъпка II. Изграждане на многокритериална система за оценяване на облачни услуги

Процедурата се състои от два етапа. По време на първия етап се оценява готовността на предприятието за внедряване на облачни изчисления по методика, предложена от Misra and Mondal [Misra and Mondal 2011]. Към втория етап се преминава само ако предприятието отговаря на изискванията за готовност. По време на втория етап се създава многокритериална система за персонализирано оценяване на сравняваните облачни услуги според потребностите на предприятието и значението на облачната технология за дейността му. Многокритериалната система може обхваща технически показатели, икономически данни за доставчиците, мнения на клиенти, опит от работа с демо версии и др. метрики.

Стъпка III. Попълване на матрицата на решението

Въз основа на събраната информация за дейността на фирмата (Стъпка 1), персонализираната многокритериална система (Стъпка 2) и наличните онлайн бази от данни за сравнение на облачни услуги, се попълва матрицата на решението. В случай, че дадена характеристика е категорийна величина, то нейната оценка се представя чрез лингвистична променлива.

Стъпка IV. Пресмятане на тегловните коефициенти

Теглата на критериите се определят на базата на оценките на групите от критерии и отделните характеристики на облачните услуги, получени в резултат на анкетно проучване [Ilieva и др. 2020].

За определяне на относителното тегло на критериите се прилагат следните методи: Analytical Hierarchy Process (AHP) [Saaty 2008], DEcision MAking Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) [Gabus and Fontela 1973], Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) [Kersuliene и др. 2010], метод на ентропията, метод Best worst (BWM) [Revaei 2015] и Full Consistency Method (FUCOM) [Pamučar и др. 2018].

Докато при AHP и DEMATEL пресмятанията се базират на матрицата на сравненията по двойки, то останалите три метода, SWARA, BWM и FUCOM, се нуждаят от по-малко входни данни. Например, за FUCOM е достатъчно да се зададат наредбата на теглата и отношенията между съседните коефициенти.

Стъпка V. Многокритериално вземане на решения

Следващата стъпка определя наредбата на сравняваните облачни услуги чрез многоатрибутни алгоритми за вземане на решения като Simple Additive Weighting (SAW) [Saaty 2008], VIsekriterijumsko KOmpromisino Rangiranje (VIKOR) [Opricovic и Tzeng 2004], Complex Proportional Assessment (COPRAS) [Zavadskas и Kaklauskas 1996], Additive Ratio Assessment (ARAS) [Zavadskas и Turskis 2010], Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) [Hwang и Yoon 1981], Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) [Chakraborty и Zavadskas 2014], Evaluation based on Distance from

Average Solution (EDAS) [Keshavarz Ghorabaee и др. 2015], Multi-Attributive Border approximation Area Comparison (MABAC) [Pamučar и Ćirović 2015], Combinative Distance-based Assessment (CODAS) [Keshavarz Ghorabaee и др. 2016], Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) [Brauers и Zavadskas 2006], Interactive and Multi-criteria Decision Making (TODIM) [Gomes и Lima 1991], Measurement of Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution (MARCOS) [Stević и др. 2020] и Range of Values (ROV) [Yakowitz и др. 1993].

SAW е стандартен метод за МКА, който използва функция на полезност, равна на сумата на претеглените оценки по критериите [Saaty 2008].

При VIKOR и TOPSIS първо се нормализира матрицата на решението. Конструира се нормализираният вектор на теглата на критериите и се пресмятат идеалното и негативно-идеалното решение. Правилата за определяне на оптималното решение са специфични за двата метода. Процедурата завършва с определяне на разстоянията до идеалното и негативно-идеалното решение и пресмятане на коефициентите на близост на алтернативите до двата еталона. Тези коефициенти определят наредбата на алтернативите [Ilieva 2016, Ilieva 2017].

При COPRAS и ROV влиянието на максимизиращите и минимизиращите критериите върху резултата се отчита поотделно. Това е едно от предимствата на тези два метода в сравнение със SAW [Zavadskas и Kaklauskas 1996, Yakowitz и др. 1993].

При ARAS полезността на алтернативите се измерва чрез относителната им значимост спрямо оптималната стойност [Zavadskas и Turskis 2010].

Методът WASPAS комбинира два подхода на многокритериалното вземане на решения – метода на претеглената сума и метода на претегленото произведение [Chakraborty и Zavadskas 2014].

При EDAS се пресмятат две матрици на разстоянията до размитото средно решение, Positive Distances (PD) и Negative Distances (ND). Наредбата зависи от близостта на алтернативата до средното решение [Ilieva 2018, Ilieva и др. 2018].

Същността на MABAC се състои в определянето на разстоянието между сравняваните алтернативи и приблизителната гранична зона (border approximate area) [Pamučar и Ćirović 2015].

CODAS пресмята две метрики за разстояние [Keshavarz Ghorabaee и др. 2016], а MOORA отчита поотделно влиянието на максимизиращите и минимизиращи критерии [Brauers и Zavadskas 2006].

При TODIM алтернативите се сравняват по двойки поотделно за всеки критерий [Gomes и Lima 1991].

Методът MARCOS определя взаимоотношението между алтернативите и референтните стойности (идеална и анти-идеална алтернативи) [Stević et al. 2020].

Предпочетените многокритериални методи принадлежат към две основни групи – с адитивни претеглени функции (SAW, WASPAS, MOORA, ROV) и с отчитане на близостта до най-добрата или средната алтернатива (TOPSIS, VIKOR, COPRAS, ARAS, EDAS, MABAC, CODAS, TODIM, MARCOS). Многообразието на предпочетените методи за МКА позволява при оценяване на алтернативните облачни услуги да се отчитат различните гледни точки на лицата, вземащи решения.

Стъпка VI. Анализ на получените резултати

При анализа на получените наредби се коментират само облачните услуги, които заемат челни позиции в класациите според различните размити многокритериални методи. В тази стъпка лицата, които вземат решения, избират най-подходящите облачни платформи.

В края на алгоритъма се предлага да бъде внедрена облачната услуга с най-висок потенциал за подобряване на цялостната дейност на предприятието.

4.3. Многокритериални методи за наредба на алтернативи

Процесът на вземане на решения зависи от множество фактори, свързани с бизнес модела на организацията и особеностите на заобикалящата я среда и представлява по същество многокритериална задача.

Задачата на многокритериалния анализ се описва чрез матрицата на решението (алтернативите, сравненията). Матрицата на решението X се определя от множество от n алтернативи и множество от m критерия (атрибути). Всеки елемент x_{ij} на матрицата X означава оценка на стойността на i-тата алтернатива по отношение на j-тия критерий. Оценката на i-тата алтернатива по отношение на всички критерии се задава чрез вектор-ред [x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{im}]. Оценката на всички алтернативи по отношение на j-тия критерий се задава чрез вектор-стълб [x_{1j}, x_{2j} , ..., x_{nj}]^T.

1) $$X = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_m \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{array},$$

където x_{ij} $(x_{ij} \geq 0)$ означава оценката на i-тата алтернатива по j-тия критерий, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ и $j \ \in \{1,2, \dots, m\}$.

Векторът-ред W задава относителните тегловни коефициенти на критериите.

2) $$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_m],$$

където w_j $(0 < w_j < 1)$ означава теглото на *j*-тия критерий и $\sum_{j=1}^{m} w_j = 1$.

Известно е, че една част от критериите са максимизиращи, а друга – минимизиращи. Оценките на алтернативите по критериите и теглата на критериите могат да бъдат реални числа, размити числа или размити релации. За съставяне на матрицата на решенията се използват експертни оценки, резултати от лабораторни или промишлени експерименти или компютърни симулации.

Задачата е да се намери наредба на алтернативите според предпочитанията на лицата, вземащи решения.

От практическа гледна точка решението на задачата за многокритериален анализ се състои от две части: в първата част се определят теглата и оценките на критериите, а във втората се агрегират данните и се ранкират алтернативите.

I. Пресмятане на тегловните коефициенти на критериите при оценки, зададени с реални числа

I.1. Метод Анализ на йерархии (Analytical Hierarchy Process, AHP)

За да се определят относителните тегла на критериите, се пресмятат елементите на собствения вектор за най-голямата собствена стойност на матрицата на сравненията (квадратна реципрочно-антисиметрична матрица), като се извършват следните действия:

Стъпка 1. Всеки експерт попълва стойностите на матрицата на сравненията ($n \times n$) на критериите по двойки, като за целта се прилага деветстепенната скала на Саати за сравнение по двойки (Таблица 3) [Saaty 2008].

При всяко сравнение се преценява кой от двата сравнявани критерия е по-важен и се поставя съответната оценка.

Стъпка 2. Всеки елемент от матрицата на сравненията се нормализира като се разделя на сумата на елементите на колоната, на която принадлежи.

Стъпка 3. Изчислява се векторът на тегловните коефициенти, като елементите му са средно геометричните стойности на редовете на нормализираната матрица на сравненията.

Стъпка 4. Матрицата на претеглената сума се получава като се умножат елементите на редовете на матрицата на сравненията със съответните елементи на вектора на тегловните коефициенти.

Стъпка 5. Векторът на претеглената сума се получава като се сумират елементите на редовете на матрицата на претеглената сума.

Стъпка 6. Елементите на вектора на претеглената сума се разделят на съответните им елементи от вектора на приоритета.

Стъпка 7. Пресмята се λ_{max} – средната стойност на елементите на получения вектор. λ_{max} е най-голямото от собствените числа на матрицата на сравненията, като съответстващият му собствен вектор съдържа само положителни стойности.
Стъпка 8. Определя се стойността на индекса на консистентност *CI* (Consistency Index) по формулата:

3) $$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1},$$

където *n* е размерността на матрицата на сравненията.
9. Пресмята се коефициентът на консистентност *CR* на матрицата с оценките:

4) $$CR = \frac{CI}{RI},$$

където *RI* е индекс за случайност. *RI* е индекс за консистенция на реципрочна матрица от случайно генерирани стойности от 17 възможни стойности {1/9,

Таблица 3. Скала на Саати за сравнение по двойки

Степен на важност	**Определение**	**Пояснение**
1	Еднаква значимост	Двете действия допринасят поравно за постигане на целта
2	Слаба значимост	
3	Средна значимост	Опитът и преценката дават леко превъзходство на едната от двете сравнявани дейности
4	Малко над средна значимост	
5	Силна значимост	Опитът и преценката дават силно превъзходство на едната от двете сравнявани дейности
6	Малко над силна значимост	
7	Много силна значимост	Едната дейност е очевидно по-силно значима пред другата по отношение на крайния резултат
8	Много, много силна значимост	
9	Изключително силна значимост	Налице са безусловни доказателства за превъзходството на едната дейност

Таблица 4. Стойности на индекса *RI* съгласно Саати

Размерност (*n*)	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.9	1.12
Размерност (*n*)	6	7	8	9	10
RI	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

1/8, 1/7, …, 1, 2, 3, …, 8, 9}. Саати изчислява средни стойности на *RI* за случайно генерирани матрици, като тези стойности може да се видят в Таблица 4.

Колкото по-нисък е индексът *CR* на матрицата, толкова по-надеждни са теглата на критериите. Коефициент за консистенция под 0.10 се счита за приемлив. Ако стойността на коефициента *CR* обаче е по-висока, решенията не могат да бъдат надеждни и матрицата на оценките трябва да се ревизира и подобри.

AHP е сред ефективните и надеждни методи за установяване на степента на значимост на съответните критерии, тъй като чрез сравняването им по двойки се елиминира склонността да се приписва висока значимост на всички показатели.

I.2. Лаборатория за вземане на решения чрез проба и оценка (DEcision MAking Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)

DEMATEL е метод за изграждане на йерархичен модел на критериите чрез сравнение на алтернативите по двойки. Методът е предложен от Gabus и Fontela през 1973 г. и е подходящ за изясняване на причинно-следствените връзки между критериите [Gabus and Fontela 1973]. Недостатък на DEMATEL е неговата експоненциална сложност, поради което той изисква значително време обработка на оценките за всички комбинации при голям брой критерии. В случай на ограничени ресурси и време, това би представлявало сериозен проблем за лицата, вземащи решения.

Стъпка 1. Всеки експерт попълва стойностите на матрицата на алтернативите *D*.

Стъпка 2. Получените индивидуални матрици на оценките $D_k = \left[{d_{ij}}^k\right]_{n \times n}$, където *k* е поредният номер на експерта, се осредняват и се получава матрицата на директното влияние $D = \left[d_{ij}\right]_{n \times n}$, като

5) $$d_{ij} = \frac{1}{l}\sum_{k=1}^{l} {d_{ij}}^k, \quad i, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Стъпка 3. Построява се нормализираната матрица на директното взаимодействие *P* като се използва матрицата на директното влияние *D*:

6) $$P = \frac{D}{s}, \quad \text{където}$$

7) $$s = max\left\{\max_{1 \le i < n} \sum_{j=1}^{m} d_{ij}, \max_{1 \le j < n} \sum_{i=1}^{m} d_{ij}\right\}.$$

Стъпка 4. Пресмята се матрицата на общото влияние *T*, като за целта се използва следната формула:

8) $$\begin{aligned} T &= P + P^2 + P^3 + \dots + P^k \\ &= P(I + P + P^2 + \dots + P^{k-1})(I - P)(I - P)^{-1} \\ &= P(I - P^k)(I - P)^{-1} = P(I - P)^{-1}, \end{aligned}$$

където $T = [t_{ij}]_{n\times n}, i,j = 1,2,\dots,n$, а I е единичната матрица.

Когато $k \to \infty$, $P^k = [0]_{n\times n}$, където $P = [p_{ij}]_{n\times n}$, $0 \le p_{ij} < 1$, $0 < \sum_{j=1}^{n} p_{ij} \le 1$ и $0 < \sum_{i=1}^{n} p_{ij} \le 1$. Ако сумата на поне един ред или колона е равна на 1, но не всички суми са такива, то тогава $\lim_{k\to\infty} P^k = [0]_{n\times n}$.

Стъпка 5. Сумата на редовете и колоните на матрицата T се записват съответно във вектор $r = (r_1, \dots, r_i, \dots, r_n)$ и вектор $s = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_n)'$ с помощта на следните изрази:

9) $$r = \left[\sum_{i=1}^{n} t_{ij}\right]'_{n\times 1} = [t_i]'_{n\times 1} = (r_1, \dots, r_i, \dots, r_n)'$$

10) $$s = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{1\times n} = [t_j]_{n\times 1} = (s_1, \dots, s_j, \dots, s_n),$$

където апострофът означава операция транспониране. Пресмятат се векторите $(r_i + s_i)$ и $(r_i – s_i)$, $i = 1, \dots, n$.

Векторът $(r_i + s_i)$ описва значимостта на съответния критерий. Векторът $(r_i – s_i)$ разделя критериите на две групи – причини и следствия. Ако $(r_i – s_i)$ е положително число, то критерият е от групата на причините. Обратно, ако $(r_i – s_i)$ е отрицателно число, то критерият принадлежи на групата на следствията. Построяването на причинно-следствена графика на точките с координати $(r_i + s_i, r_i – s_i)$ улеснява интерпретацията на получените резултати.

Стъпка 6. Построява се диаграма на разсейването с оси $r_i + s_i$ и $r_i – s_i$, $i = 1, \dots, n$. Анализират се откритите закономерности.

Стъпка 7. Тегловните коефициенти се получават като се пресмятат средно геометричните стойности на редовете на матрицата на оценките. Получените стойности се нормализират по формулата:

11) $$w_i = \frac{\varpi_i}{\sum_{i=1}^{n} \varpi_i}, i = 1, 2, \dots, n.$$

I.3. Постъпков анализ за оценка на съотношението на теглата (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis, SWARA)

SWARA е метод за определяне на тегловните коефициенти според оценките на експерти и е създаден през 2010 г. [Kersuliene и др. 2010]. Методът се състои от следните стъпки:

Стъпка 1. Критериите се сортират в намаляващ ред според тяхната очаквана значимост.

Стъпка 2. Започвайки от втория критерий, респондентът изразява относителната значимост на критерий j по отношение на предходния $(j – 1)$ критерий и така се оценяват всички останали критерии. Получават се стойностите на т.н. сравнителна важност s_j.

Стъпка 3. Пресмята се коефициентът k_j както следва:

12) $$k_j = \begin{cases} 1, & \text{ако } j = 1 \\ s_j + 1, & \text{ако } j > 1 \end{cases}$$

Стъпка 4. Пресмята се преизчисленото тегло q_j:

13) $$q_j = \begin{cases} 1, & \text{ако} \quad j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} + 1, & \text{ако} \quad j > 1 \end{cases}$$

Стъпка 5. Относителното тегло на критериите се пресмята с помощта на израза $w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^{n} q_k}$, където *j* означава теглото на *j*-тия критерий, а *n* – броят на критериите.

I.4. Метод на ентропията

В теорията на информацията ентропията е мярка за неопределеността на източника на съобщения, свързана с вероятностите за появата на определени символи. Концепцията за информационната ентропия е създадена от Shannon (1948). При метода на ентропията се установява връзка между теглото (значимостта) на критерия и информацията, която той носи. Ако оценките по даден критерий имат близки стойности, то този критерий има малка значимост при вземането на решения. Критериите, носещи най-много информация, получават най-висока оценка.

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X*.

Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите *X*:

а) за положителните критерии:

14) $$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}, \ i = 1, \dots, m, \ j = 1, \dots, n,$$

б) за отрицателните критерии преди да се приложи формула 14) се извършва конвертиране на типа на критерия.

Стъпка 3. Пресмята се ентропията (e_j) за всеки от критериите:

16) $$e_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} f_{ij} \ln f_{ij}}{\ln m}, \ i = 1, \dots, m, \qquad j = 1, \dots, n,$$

където $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}$ и $0 < e_j < 1$.

Стъпка 4: Теглата на критериите се пресмятат по формулата:

17) $$w_j = \frac{1 - e_j}{1 - \sum_{i=1}^{m} e_j},$$

където $\sum_{i=1}^{m} w_j = 1$, а $(1 - e_j)$ представлява степента на диверсификация на *j*-тия критерий. Колкото по-малка е ентропията, толкова по-голямо е относителното тегло на съответния критерий в сравнение с теглата на останалите критерии в процеса на вземане на решения [Wu et al. 2011].

I.5. Метод Най-добър – най-лош (Best Worst Method, BWM)

Методът BWM използва два вектора, получени чрез сравнения по двойки, за да определи теглата на критериите и е предложен от Revaei през 2015 г. Състои се от следните стъпки [Revaei 2015]:

Стъпка 1. Определя се множеството от критерии $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$.
Стъпка 2. Определят се най-добрият (т.е. най-важният, най-значимият) критерий и най-лошият (т.е. най-незначителният) критерии.
Стъпка 3. Определя се превъзходството на най-добрия критерий спрямо останалите критерии, като се използват числата от 1 до 9. В резултат се получава векторът $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots ,\ a_{Bn})$, където a_{Bj} означава превъзходството на най-добрия критерий *B* спрямо критерий *j*.
Стъпка 4. Определя се превъзходството на критериите спрямо най-лошия критерий, като се използват числата от 1 до 9. В резултат се получава векторът $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots ,\ a_{nW})$, където a_{jW} означава превъзходството на критерий *j* спрямо най-лошият критерий *W*.
Стъпка 5. Определят се тегловните коефициенти $(w_1, w_2, \dots, w_n)$. Целта е да се пресметнат оптималните тегла на критериите, така че максималните абсолютни разлики $\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right|$ и $\left|\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}\right|$ за всички *j* да са минимизирани, т.е. следва да се реши следната оптимизационна задача:

min χ при изпълнение на следните ограничителни условия:

$$\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right| \le \chi$$

18) $$\left|\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}\right| \le \chi$$

$$\textstyle\sum_{j=1}^{n} w_j, \forall j$$

$$w_j \ge 0, \forall j.$$

I.6. Метод на пълната консистентност (Full Consistency Method, FUCOM)

Методът FUCOM позволява да се определят теглата на критериите на основата на (*n* – 1) сравнения по двойки между критериите и е предложен от Pamučar и др. през 2018 г. Моделът се верифицира чрез пресмятане на отклонението от пълната консистентност на сравненията. Консистентността на модела се дължи на удовлетворяването на изискването за транзитивност. Алгоритъмът се състои от следните стъпки [Pamučar и др. 2018]:
Стъпка 1. Ранкират се критериите от предварително дефинирано множество от критерии $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$. Ранкирането се основава на значимостта на критериите, т.е. започва с критерия, за който се предполага, че ще има максимален тегловен коефициент и завършва с критерия с най-малка значимост:

$$C_{j(1)} \succ\ C_{j(2)} \succ\ \dots \succ\ C_{j(k)},$$

където *k* представлява ранга на съответния критерий. В случай на еднаква значимост, знакът “ $\succ$” се замества със символа за равенство.

Стъпка 2. Определя се сравнителният приоритет на критериите $\varphi_{k/(k+1)}, k = 1, 2, \dots, n,$ където k е рангът на критерия. Получава се векторът на сравнителния приоритет:

$\Phi = (\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots , \varphi_{k/(k+1)})$.

Стъпка 3. Пресмятат се стойностите на тегловните коефициенти $(w_1, w_2, \dots, w_n)$. Те трябва да удовлетворяват две групи от ограничителни условия:

1) Отношението на теглата по двойки трябва да е равно на сравнителния приоритет на съответните критерии, зададен в стъпка 2:

$$\frac{w_k}{w_{k+1}} = \varphi_{k/(k+1)}$$

2) Тегловните коефициенти трябва да удовлетворяват изискването за транзитивност, т.е. $\varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{k+1/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$ или:

$$\frac{w_k}{w_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{k+1/(k+2)}.$$

За да бъде удовлетворено изискването за пълна консистентност на тегловните коефициенти, трябва да са изпълнени две условия: $\left|\frac{w_k}{w_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq \chi$ и $\left|\frac{w_k}{w_{k+2}} - \varphi_{k/(к+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \chi$ при минимизация на χ.

Оттук се стига до модела за определяне на тегловните коефициенти:

min χ при изпълнение на следните ограничителни условия:

$$\left|\frac{w_k}{w_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq \chi$$

19) $$\left|\frac{w_k}{w_{k+2}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \chi$$

$$\textstyle\sum_{j=1}^{n} w_j, \forall j$$

$$w_j \geq 0, \forall j.$$

II. Пресмятане на тегловните коефициенти на критериите при оценки, зададени с размити числа

II.1. Размити триъгълни числа и операции с тях

Теорията на размитите множества предлага алтернативен начин за справяне с неопределеността, която често съпътства процеса на вземане на решения [Василева 2008]. Тя може да се разглежда като обобщение на класическата теория на множествата. Ще дефинираме някои основни понятия от теорията за размитите множества.

Определение 1. *Размитото множество* $\tilde{a}$ се дефинира като множество от наредени двойки:

$\tilde{a} = \{(x, \mu_{\tilde{a}}(x)) : x \in A, \mu_{\tilde{a}}(x) \in [0,1] \},$

където първият елемент в двойката *x* принадлежи на класическото множество *A*, а вторият елемент $\mu_{\tilde{a}}(x) \in [0,1]$ се нарича функция на принадлежност.

Определение 2. Размито триъгълно число (Fuzzy Triangular Number) е наредената тройка от числа $\tilde{a} = (l, m, u)$. Функцията на принадлежност на размитото число е $\mu_{\tilde{a}}(x): A \longrightarrow [0,1]$ и тя се дефинира по следния начин:

20) $$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{ако } x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{ако } l \le x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{ако } m \le x \le u \\ 0, & \text{ако } x \ge u \end{cases}.$$

Определение 3. Аритметични операции с размити триъгълни числа

Нека $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ и $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ са две размити триъгълни числа. Аритметичните операции с тези размити числа се дефинират както следва:

- Събиране:

21) $$\tilde{a} + \tilde{b} = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3)$$

- Изваждане:

22) $$\tilde{a} - \tilde{b} = (a_1-b_3, a_2-b_2, a_3-b_1)$$

- Умножение:

23) $$\tilde{a} \times \tilde{b} = (\min(a_1b_1, a_1b_3, a_3b_1, a_3b_3), a_2b_2, \max(a_1b_1, a_1b_3, a_3b_1, a_3b_3))$$

- Деление:

24) $$\tilde{a}/\tilde{b} = \begin{pmatrix} \min(a_1/b_1, a_1/b_3, a_3/b_1, a_3/b_3), \\ a_2b_2, \max(a_1/b_1, a_1/b_3, a_3/b_1, a_3/b_3) \end{pmatrix}.$$

Определение 4. Правило за дефъзификация [Zhao и Guo 2014]

Нека означим представянето на средната интегрална оценка (Graded Mean Integration Representation, GMIR) на размитото триъгълно число $\tilde{a}$ с $G(\tilde{a})$. Ако $\tilde{a}_i = (l_i, m_i, u_i)$, то *GMIR* $R(\tilde{a}_i)$ се пресмята със следния израз:

25) $$G(\tilde{a}_i) = \frac{l_i + 4m_i + u_i}{6}.$$

II.2. Размит метод на пълната консистентност (Fuzzy Full Consistency Method, fFUCOM)

Нека *n* са критериите за оценка на алтернативи. Група от лица, вземащи решения, сравняват критериите по двойки, използвайки следните лингвистични променливи: Еднаква важност (Equally importance, IE), Маловажно (Weakly important, *WI*), Средно важно (Fairly Important, FI), Много важно (Very important, VI) и Абсолютно важно (Absolutely important, AI). След това, лингвистичните оценки се превръщат в размити триъгълни числа (РТЧ) съгласно правилата за съответствие (Таблица 5) [Guo и Zhao 2017].

Нека $\tilde{a}_{ij}$ е размитото отношение на критерий *i* спрямо критерий *j*, то е размито триъгълно число и $\tilde{a}_{ij} = (1,1,1)$, ако *i* = *j*.

Според алгоритъма на FUCOM [Pamučar и др. 2018] и размитите операции, сравнението на критериите по двойки се записва като $\tilde{a}_{ij} = \widetilde{w}_i / \widetilde{w}_j$.

Таблица 5. Лингвистични променливи и съответните им РТЧ

Лингвистична променлива	*Функция на принадлежност*
Еднаква важност (IE)	(1,1,1)
Маловажно (WI)	(2/3,1,3/2)
Средно важно (FI)	(3/2,2,5/2)
Много важно (VI)	(5/2,3,7/2)
Абсолютно важно (AI)	(7/2,4,9/2)

Следва детайлно описание на размитата версия на FUCOM за работа с триъгълни числа.

Стъпка 1. Оценките на лицата, вземащи решения, за критериите $\tilde{C} = \{\tilde{C}_1, \tilde{C}_2, \dots, \tilde{C}_n\}$, се сортират в намаляващ ред. Основа за подредбата е значимостта на критерия за лицата, вземащи решения. Получава се следната наредба:

$\tilde{C}_{j(1)} \succ \tilde{C}_{j(2)} \succ \dots \succ \tilde{C}_{j(k)}$,

където *k* и $\tilde{C}_{j(k)}$са съответно рангът и размитата стойност на сравняваните критерии.

Стъпка 2. Критериите се сравняват по двойки и се получава размит относителен приоритет $\tilde{\varphi}_{k/(k+1)}, k = 1, 2, \dots, n$, където *k* представлява ранга на критерия. Определят се стойностите на вектора на груповите размити приоритети:

$\widetilde{\Phi} = (\tilde{\varphi}_{1/2}, \tilde{\varphi}_{2/3}, \dots ,\ \tilde{\varphi}_{k/(k+1)})$.

Стъпка 3. Пресмятат се оптималните стойности на тегловните коефициенти $(\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \dots, \widetilde{w}_n)$, като $\widetilde{w}_j = \left(l_j, m_j, u_j\right), j = 1,2, \dots, n$. Те трябва да удовлетворяват следните две условия:

1) Съотношението между тегловните коефициенти следва да е равно на размития относителен коефициент на съответните критерии $(\tilde{\varphi}_{k/(k+1)})$, дефиниран в предходната стъпка:

$$\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+1}} = \tilde{\varphi}_{k/(k+1)}$$

2) Стойностите на тегловните коефициенти трябва да удовлетворяват изискването за транзитивност, т.е. $\tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)} = \tilde{\varphi}_{k/(k+2)}$ или:

$\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+2}} = \tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)}$.

За да бъде изпълнено условието за пълна консистентност, е необходимо размитите тегловни коефициенти да удовлетворяват следните условия: $\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+1}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)}\right| \leq \tilde{\chi}$ и $\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+2}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \tilde{\chi}$, при минимизация на $\tilde{\chi}$, където $\tilde{\chi} = (l^{\chi}, m^{\chi}, u^{\chi})$.

Съгласно зададените изисквания, се постоява следния модел за определяне на оптималните стойности на теглата на критериите за оценка:

26)
$$\begin{aligned}
&\min \tilde{\chi} \\
&\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+1}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)}\right| \leq \tilde{\chi} \\
&\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+2}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \tilde{\chi} \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} R(\widetilde{w}_j) = 1\ ,\ l_j \leq m_j \leq u_j,\ l_j \geq 0, \forall j.
\end{aligned}$$

Тъй като $l^{\chi} \leq m^{\chi} \leq u^{\chi}$, нека $\tilde{\chi}^* = (p^*, p^*, p^*), p^* \leq l^{\chi}$. Тогава израз 26) се трансформира по следния начин:

27)
$$\begin{aligned}
&\min \tilde{\chi}^* \\
&\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+1}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)}\right| \leq (p^*, p^*, p^*) \\
&\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+2}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq (p^*, p^*, p^*) \\
&\textstyle\sum_{j=1}^{n} R(\widetilde{w}_j) = 1 \\
&l_j \leq m_j \leq u_j \\
&l_j \geq 0, \forall j.
\end{aligned}$$

Решение на оптимизационната задача (израз 27) са търсените оптимални стойности на размитите относителни тегла $(\widetilde{w}_1^*, \widetilde{w}_2^*, \dots, \widetilde{w}_n^*)$.

III. Методи за агрегиране и ранкиране на сравняваните алтернативи

В раздела се описват методите за вземане на многокритериални решения, включени в методиката за избор на облачен модел в съответствие с предварително определени критерии. Детайлна информация за историческото развитие и усъвършенстването на методите за многокритерилен анализ може да бъде открита в [Velasquez и Hester 2013, Köksalan и др. 2013, Mardani и др. 2015].

III.1. Метод на претеглената сума (Simple Additive Weighting, SAW)

При SAW, известен още като метод на претеглената линейна комбинация или скоринг метод, оценката на всяка алтернатива се изчислява като се сумират произведенията от нормализираните оценки на алтернативата и съответното относително тегла за всеки от критериите. Предимство на този метод е, че линейната трансформация на входните данни съхранява относителната наредба на стандартизираните оценки.

Алгоритъмът на SAW се състои от следните стъпки:

Стъпка 1. Прилага се методът на аналитичната йерархия (AHP). Основно предимство на метода е, че той работи успешно и в случай на сложна йерархична структура на изследваното явление [Saaty 2008]. Елементите в йерархията представят отделни аспекти на решавания проблем, като измерими количествени параметри и качествени характеристики, обективни данни и експертни оценки.

Стъпка 2. Конструира се матрицата на алтернативите ($m \times n$), която обхваща m алтернативи и n критерия.

Пресмята се нормализираната матрица, като за положителните критерии се прилага следната формула:

28) $$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i^{max}}, \quad i = 1, 2, \ldots, m, \quad j = 1, 2, \ldots, n,$$

където x_i^{max} е максималната стойност в колона j.

За отрицателните критерии формулата е следната:

29) $$n_{ij} = \frac{x_i^{min}}{x_{ij}}, \quad i = 1, 2, \ldots, m, \; j = 1, 2, \ldots, n,$$

където x_i^{min} е минималната стойност в колона j.

Освен линейната нормализация от изрази 28) и 29), съществуват множество алтернативни методи за нормализация, като всеки от тях влияе по специфичен начин върху крайната наредба при метод SAW [Vafaei и др. 2016].

Стъпка 3. Оценява се всяка алтернатива чрез формулата:

30) $$R_i = \sum_{j=1,2,\ldots,n} w_j x_{ij} \quad .$$

Алтернативите се сортират в намаляващ ред на получените оценки.

Основното предимство на SAW е неговата простота. Методът обаче притежава и някои недостатъци:

1) Методът работи само с максимизиращи критерии. За да се преодолее този недостатък, следва да се добави една допълнителна, предварителна стъпка за трансформиране на минимизиращите критерии.
2) Оценките на алтернативите по критериите трябва да са положителни числа. Този недостатък също се преодолява успешно чрез допълнителна стъпка за конвертиране на отрицателните оценки в положителни стойности.
3) Оценките, получени от SAW, не винаги адекватно отразяват реалната ситуация. Полученият резултат може да не е логичен, ако стойностите на един от критериите в значителна степен се различават от тези на другите критерии [Podvezko 2011].

III.2. Метод за многокритериална оптимизация и компромисно решение (VIsekriterijumsko KOmpromisino Rangiranje, VIKOR)

VIKOR е метод за многокритериален анализ, предложен от Оприкович и Зенг през 70-те години на миналия век като концепция за компромис чрез сравнение на „близостта“ до „идеалната“ алтернатива [Opricovic и Tzeng 2004]. Многокритериалната мярка за компромисно ранкиране се пресмята с помощта на L_p метрика, предложена от авторите, която служи за основа на агрегиращата функция в компромисното програмиране и има следния вид:

31) $$L_p = \left\{\sum_{j=1}^{m}\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{\left(f_j^* - f_j^-\right)}\right]^p\right\}, 1 \le p < \infty, i = 1, 2, \dots, n.$$

Основната идея на метода е да се определят компромисните решения на задача с конфликтни критерии, което ще улесни лицата, вземащи решения, при достигането до крайното решение. За компромисно решение се приема тази *i*-та алтернатива от разглежданото множество $\{A_i\}$, за която метрика 31) е минимална: $A_i = A^* \Leftrightarrow i | \min_i L_i^p$

Методът за компромисно решение VIKOR се състои от следните стъпки [Opricovic и Tzeng 2004]:

Стъпка 1. Въвежда се матрицата на алтернативите *X* и се задават относителните тегловни коефициенти на критериите *W*.

Стъпка 2. Определят се оптималното и негативно-оптималното решение за критериите:

32) $$f_j^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*\} = \left\{\max_j x_{ij}^* \,|j \in \Omega_b, \min_j x_{ij}^* \,|j \in \Omega_c\right\}$$

33) $$f_j^- = \{x_1^-, x_2^- \dots, x_m^-\} = \left\{\min_j x_{ij}^* \,|j \in \Omega_b, \max_j x_{ij}^* \,|j \in \Omega_c\right\},$$

където Ω_b е множеството на максимизиращите критерии, а Ω_c е множеството на минимизиращите критерии.

Стъпка 3. Пресмятат се стойностите на S_i и R_i, като се използват следните формули:

34) $$S_i = L_i^{p=1} = \sum_{j=1}^{m}\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{\left(f_j^* - f_j^-\right)}\right]$$

35) $$R_i = L_i^{p=\infty} = \left\{\sum_{j=1}^{m}\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{\left(f_j^* - f_j^-\right)}\right]^\infty\right\}^{\frac{1}{\infty}}$$

$$= \max_j\left[w_j \frac{\left(f_j^* - x_{ij}\right)}{\left(f_j^* - f_j^-\right)}\right], 1 \le p < \infty, i = 1, 2, \dots, n,$$

където S_i и $R_i \in [0,1]$, като 0 означава най-доброто (т.е. достигане на най-желаното) ниво, а 1, обратно, означава най-лошото ниво. Разликата между $f_j^* - x_{ij}$ се нарича недостатък на дадената алтернатива по критерия.

Стъпка 4. Изчисляват се крайните оценки Q_i за ранкирането. Формулата за пресмятане на Q_i е зададена чрез израз 36), където $S^* = \min_i S_i$ (най-доброто S^* може да е равно на 0) и $S^- = \max_i S_i$ (най-лошото S^- може да е равно на 1), $\nu \in [0,1]$ е теглото на стратегията за „множинството от критерии" (или „максимална групова полезност") и обикновено $\nu = 0.5$. Тук $\min_i S_i$ изразява минимизацията на средната сума на недостатъка на всяка алтернатива (което съответства на максималната полезност на всяка алтернатива). $\min_i Q_i$ от своя страна изразява минимизацията на максималния недостатък на всяка алтернатива (и съответно, определя алтернативата с минимален недостатък).

36) $$Q_i = \nu \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1-\nu)\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}, i = 1, 2, \dots, n.$$

Стъпка 5. Ранкират се алтернативите като се сортират в намаляващ ред на стойностите на S_i , R_i и Q_i. Най-добра е алтернативата с най-големи стойности.

Стъпка 6. Предлага се компромисно решение. При зададените стойности алтернатива A^I е най-добрата по показател Q (минимум), ако са изпълнени следните две допълнителни условия:

Условие 1. „Приемливо предимство": $Q(A^{II}) - Q(A^I) \geq \frac{1}{n-1}$, където A^{II} е втората най-добра алтернатива по показател Q.

Условие 2. „Приемлива стабилност на решението": A^I трябва да е най-добрата алтернатива по показател *S* и/или *R*.

В случай, че едно от двете условия не е изпълнено, то тогава се предлага набор от компромисни решения:

- Алтернативи A^I и A^{II}, ако е нарушено само Условие 2 или
- Алтернативи A^I , A^{II} ..., $A^{(M)}$, ако Условие 1 не е изпълнено и $Q(A^{(M)}) - Q(A^I) < \frac{1}{n-1}$ за максимум *M* алтернативи (позициите на тези алтернативи са „близки").

Компромисното решение, получено чрез метод VIKOR, може да бъде възприето от лицата, които вземат решения, тъй като то осигурява максимална „групова полезност" на „множинството" (с мярка *S*, представляваща „съгласуваност") и минимален индивидуален „недостатък" (с мярка *R*, представляваща „разрива") [Oprikovic 2011].

III.3. Метод за комплексна пропорционална оценка на алтернативите (Complex Proportional Assessment, COPRAS)

Методът COPRAS нарежда алтернативите спрямо отношението им към идеалното решение [Zavadskas и Kaklauskas 1996]. Той намира приложение при решаване на задачата за многокритериален анализ при наличие както на максимизиращи, така и на минимизиращи критериите.

Концепцията, която лежи в основата на метод COPRAS, е следната: оценката на *i*-та алтернатива Z_i е правопропорционална на ефекта, генериран от максимизиращите критериите S_{+j} и обратно пропорционална на сумата от претеглените нормализирани стойности на минимизиращите критерии – компонента S_{-j}. Това означава, че ако критериите са само максимизиращи, а нормализацията на оценките – класическа (линейна нормализация), то наредбата, получена по метода COPRAS, ще съвпада с тази, получена по метод SAW [Podvezko 2011].

Оценката на алтернатива Z_i в COPRAS се пресмята по формулата:

37) $$Z_i = S_{+j} + \frac{\sum_{j=1}^{m} S_{-j}}{S_{-j}\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{S_{-j}}}$$

Инверсната стойност на нормализираната сума на минимизиращите критерии $\frac{\sum_{j=1}^{m} S_{-j}}{S_{-j}}$ редицира влиянието на минимизиращите критерии, особено ако техният брой е малък. От друга страна, сумата на реципрочните оценки по минимизиращите критерии потиска влиянието на S_{-j} в случайте, когато стойността му е близка до нула и това би довело до значително нарастване на крайната оценка на алтернативата. Крайната оценка на всяка алтернатива Z_i' се получава след нормализация по формулата:

38) $$Z_i' = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^{n} Z_i}.$$

III.4. Адитивна оценка на съотношения (Additive Ratio Assessment, ARAS)

Методът ARAS е създаден от Zavadskas и Turskis през 2010 г. и се състои от следните стъпки [Zavadskas и Turskis 2010]:

Стъпка 1. Определя се оптималната стойност за всеки от критериите:

39) $$x_{0j} = \max_i x_{ij},$$

където x_{0j} е оптималната оценка за *j*-тия критерий.

Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица на алтернативите:

40) $$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}},$$

където r_{ij} е нормализираната оценка на *i*-тата алтернатива по *j*-тия критерий.

Стъпка 3. Пресмята се претеглената матрица на алтернативите:

41) $v_{ij} = w_j \,.\, r_{ij}$,

където w_j е теглото на *j*-тия критерий, а v_{ij} е претеглената оценка на *i*-тата алтернатива по *j*-тия критерий.

Стъпка 4. Пресмята се общата оценка на производителността на всяка от алтернативите:

42) $S_i = \sum_{j=1}^{n} v_{ij}$.

Стъпка 5. Определя се степента на полезност на всяка алтернатива, като тук се отчита както нейната стойност, така и относителната ѝ значимост спрямо оптималната стойност:

43) $Q_i = \frac{S_i}{S_0}$,

където Q_i е степента на полезност на *i*-тата алтернатива, а S_0 е индекс на производителността на оптималната алтернатива.

Стъпка 6. Алтернативите се сортират в намаляващ ред на стойностите на Q_i.

III.5. Техника за подреждане на предпочитанията по сходство с идеалното решение (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)

Методът TOPSIS е предложен за първи път от Хуанг и Юун през 1981 г. и се състои от следните стъпки [Hwang и Yoon 1981, Yoon 1987]:

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X*.

Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите, като за целта се използва следната формула:

44) $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} x_{kj}^2}}$, $i = 1, 2, \ldots, n$; $j = 1, 2, \ldots, m$.

Стъпка 3. Намират се елементите на претеглената нормализирана матрица на алтернативите $V = (v_{ij})_{nxm}$ по формулата:

45) $v_{ij} = w_j r_{ij}$, $i = 1, 2, \ldots, n$; $j = 1, 2, \ldots, m$,

където w_j е относителното тегло на *j*-тия критерий и $\sum_{j=1}^{m} w_j = 1$.

Стъпка 4. Пресмятат се идеалното и негативно-идеалното решение:

46) $A^* = \{v_1^*, \ldots, v_m^*\} = \left\{\max_j v_{ij}^* \,|\, j \in \Omega_b, \min_j v_{ij}^* \,|\, j \in \Omega_c\right\}$

47) $A^- = \{v_1^-, \ldots, v_m^-\} = \left\{\min_j v_{ij}^* \,|\, j \in \Omega_b, \max_j v_{ij}^* \,|\, j \in \Omega_c\right\}$,

където Ω_b е множеството на максимизиращите критерии, а Ω_c е множеството на минимизиращите критерии.

Стъпка 5. Изчислява се евклидовото разстояние на всяка алтернатива до идеалното и негативно-идеалното решение:

48) $D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij} - v_j^*\right)^2}$, i = 1, 2, … , n

49) $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$, i = 1, 2, … , n.

Стъпка 6. Определя се относителната близост на всяка алтернатива до идеалното решение:

50) $RC_i = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-}$, i = 1, 2, … , n.

Стъпка 7. Сортират се алтернативите в намаляващ ред на показателя за близост RC_i.

III.6. Претеглени агрегирани сума и произведение (Weighted Aggregated Sum Product Assessment, WASPAS)

Методът WASPAS комбинира два подхода на многокритериалното вземане на решения – метода на претеглената сума SAW и метода на претегленото произведение, като изисква предварителна линейна нормализация на оценките. Методът е създаден от Chakraborty и Zavadskas през 2014 г. [Chakraborty и Zavadskas 2014].

Стъпка 1. Конструира се матрицата на алтернативите *X* с размерност *m* × *n*, която обхваща *m* алтернативи и *n* критерия.

Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица, като за положителните критерии се прилага следната формула:

51) $n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i^{max}}$, i = 1, 2, … , m, j = 1, 2, …, n,

където x_i^{max} е максималната стойност в колона *j*.

За отрицателните критерии формулата е следната:

52) $n_{ij} = \frac{x_i^{min}}{x_{ij}}$, i = 1, 2, …, m, j = 1, 2, …, n,

където x_i^{min} е минималната стойност в колона *j*.

Стъпка 3. Оценява се всяка алтернатива чрез формулата:

53) $$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1-\lambda)Q_i^{(2)} = \lambda \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij} + (1-\lambda)\prod_{j=1}^{n} x_{ij}{}^{w_j}, \quad (\lambda = 0, 0.1, \ \dots, \ 1).$$

Алтернативите се сортират в намаляващ ред на получените оценки Q, т.е. най-добра е алтернативата с максимална стойност на Q. В случай, че λ е равно на 0, то методът се трансформира в SAW, а ако λ е равно на 1 – в метода на претегленото произведение.

III.7. Оценка на разстоянието до средното решение (Evaluation based on Distance from Average Solution, EDAS)

Методът EDAS е създаден от Keshavarz Ghorabaee и др. през 2015 г. и алгоритъмът му е следният [Keshavarz Ghorabaee и др. 2015]:
Стъпка 1. Конструират се матрицата на алтернативите $\left[x_{ij}\right]_{nxm}$според оценките на експертите и вектора на тегловните коефициенти $\left[w_j\right]_{1xm}$.
Стъпка 2. Определя се средната стойност на оценките по критериите AV_j:

54) $AV_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}{n}$

Стъпка 3. Пресмятат се матриците на положителните разстояния *PDA* $\left[pda_{ij}\right]$ и отрицателните разстояние *NDA* $\left[nda_{ij}\right]$ от средното решение:

55) $PDA_{ij} = \frac{\max(0,\ x_{ij}-AV_j)}{AV_j}$, $NDA_{ij} = \frac{\max(0,\ AV_j-x_{ij})}{AV_j}$,

ако *j*-тият критерий е максимизиращ и

56) $PDA_{ij} = \frac{\max(0,\ AV_j-x_{ij})}{AV_j}$, $NDA_{ij} = \frac{\max(0,\ x_{ij}-AV_j)}{AV_j}$,

ако *j*-тият критерий е минимизиращ.
Стъпка 4. Изчисляват се претеглените суми на *PDA* $[sp_i]$ и *NDA* $[sn_i]$ за всяка от алтернативите.

57) $SP_i = \sum_{j=1}^{m} w_j PDA_{ij}$ и $SN_i = \sum_{j=1}^{m} w_j NDA_{ij}$.

Стъпка 5. Намира се нормализираната стойност на претеглената сума на *PDA* $[nsp_i]$ и нормализираната стойност на претеглената сума на *NDA* $[nsn_i]$ за всяка от алтернативите:

58) $NSP_i = \frac{SP_i}{max_i(SP_i)}$, $NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{max_i(SN_i)}$

Стъпка 6. Пресмята се общата оценка $[as_i]$ на всяка от алтернативите:

59) $AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i)$, където $0 \leq AS_i \leq 1$.

Стъпка 7. Алтернативите се ранкират в намаляват ред на общата оценка.

III.8. Многоатрибутно сравнение с приблизителната гранична област (Multi-Attributive Border approximation Area Comparison, MABAC)

Същността на MABAC се състои в определянето на разстоянието между функцията на критериите на всяка от сравняваните алтернативи и т.н. приблизителна гранична зона [Pamučar и Ćirović 2015, Božanić и др. 2016].
Стъпка 1. Конструира се матрицата на оценките *X* (*m* × *n*), която обхваща *m* алтернативи и *n* критерия (1).
Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица *N*:

60) $$N = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & t_{m2} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix}.$$

Елементите на нормализираната матрица *N* са получени с помощта на следните изрази:

а) за положителните критерии:

61) $t_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{min}}{x_i^{max}-x_i^{min}}$, *i* =1, …, *m*, *j* = 1, …, *n*,

б) за отрицателните критерии:

62) $t_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{max}}{x_i^{min}-x_i^{max}}$, *i* =1, …, *m*, *j* = 1, …, *n*,

където $x_i^{max} = \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$ и $x_i^{min} = \min(x_1, x_2, \dots, x_m)$ са съответно максималната и минимална стойност за критерий *j*.

Стъпка 3. Пресмятат се елементите на претеглената матрица *V*

63) $$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

по формулата:

64) $v_{ij} = w_i t_{ij} + w_i$,

където t_{ij} е елемент на нормализираната матрица *N*, а w_i е тегловният коефициент на критерия.

Стъпка 4. Определя се матрицата на приблизителната гранична област *G*. Приблизителната гранична област за всеки критерий се пресмята с помощта на следния израз:

65) $g_i = \prod_{j=1}^{m} v_{ij}{}^{1/m}$,

където v_{ij} е елемент на претеглената матрица *V*, а *m* представлява общият брой алтернативи.

След пресмятане на стойностите g_i по критериите се формира матрицата на приблизителната гранична област G с размерност *n* x 1:

66) $$G = \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{array} \atop \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix}$$

Стъпка 5. Пресмятат се елементите на матрицата на алтернативното разстояние до приблизителната гранична област Q:

67) $$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix}.$$

Алтернативното разстояние до приблизителната гранична област q_{ij} се определя като разлика между елементите на претеглената матрица *V* и елементите на приблизителната гранична област *G*

68) $Q = V - G$

или изразено по друг начин:

69) $$Q = \begin{bmatrix} v_{11} - g_1 & v_{12} - g_2 & \dots & v_{1n} - g_n \\ v_{21} - g_1 & v_{22} - g_2 & \dots & v_{2n} - g_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} - g_1 & v_{m2} - g_2 & \dots & v_{mn} - g_n \end{bmatrix},$$

където g_i предствлява приблизителната гранична област на критерий C_i, а v_{ij} е елемент на претеглената матрица *V*.

Нека G^+ е горната гранична област и представлява мястото, където е разположена идеалната алтернатива A^+, а G^- е долната гранична област и представлява мястото, където е разположена анти-идеалната алтернатива A^-.

Принадлежността на алтернатива A_i на граничните области (G, G^+ или G^-) се определя според следния израз:

70) $$A_i \in \begin{cases} G^+, \text{ако } q_{ij} > 0 \\ G \;\;, \text{ако } q_{ij} = 0 \\ G^-, \text{ако } q_{ij} < 0 \end{cases}.$$

A_i би била най-добрата алтернатива от даденото множество алтернативи, ако принадлежи на горната приблизителна област G^+ на колкото е възможно повече критерии.

Стъпка 6. Ранкиране на алтернативите. Стойността на функцията на критериите за всяка една от алтернативите се получава като сума от разстоянието на алтернативите до граничната област:

71) $S_i = \sum_{j=1}^{n} q_{ij}$, $j = 1, 2, \dots, n$, $i = 1, 2, \dots, m$.

III.9. Метод за комбинативна оценка на разстоянието (Combinative Distance-based Assessment, CODAS)

Методът CODAS е предложен от Keshavarz Ghorabaee и др. през 2016 г. [Keshavarz Ghorabaee и др. 2016]. Концепцията на този метод се основава на пресмятането на евклидовото и манхатановото разстояние за определяне на предпочетените алтернативи. Евклидовото разстояние служи за основна мярка, а манхатановото – за второстепенна мярка.

Първите три стъпки на метод CODAS повтарят тези от метод SAW – конструира се матрицата на алтернативите, осъществява се нормализация и се пресмята претеглената и нормализирана матрица.

Стъпка 4. Определя се негативно-идеалното решение:

72) $ns = \left[ns_j\right]_{1 \times m}$

73) $ns_j = \min_i r_{ij}$

Стъпка 5. Пресмятат се евклидовото и манхатаново разстояние на алтернативите до негативно-идеалното решение както следва:

74) $E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}(r_{ij} - ns_j)^2}$

75) $T_i = \sum_{j=1}^{m} |r_{ij} - ns_j|$

Стъпка 6. Конструира се матрицата с относителните оценки на алтернативите:

76) $Ra = [h_{ik}]_{n \times n}$

77) $h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k))$,

където $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ и ψ означава прагова функция, която идентифицира равенство на евклидовите разстояния на две алтернативи и се дефинира по следния начин:

78) $\psi(x) = \begin{cases} 1, \text{ако } |x| \geq \tau \\ 0, \text{ако } |x| < \tau \end{cases}.$

Тук τ е прагов параметър и стойността му се задава от лицето, вземащо решения, като препоръчителни са стойностите от диапазона между 0.01 и 0.05. Ако разликата между евклидовите разстояния на две алтернативи е по-малка от τ, то тези алтернативи се сравняват чрез манхатаново разстояние.

Стъпка 7. Пресмята се оценката на всяка от алтернативите:

79) $H_i = \sum_{k=1}^{n} h_{ik}$.

Стъпка 8. Алтернативите се нареждат низходящо по стойността на оценките си (H_i).

III.10.Многоцелева оптимизация чрез анализ на съотношения (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis, MOORA)

MOORA е метод за многоцелева оценка, който различава отрицателното и положителното въздействие на критериите и е създаден от Brauers и Zavadskas през 2006 г. [Brauers и Zavadskas 2006].

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на оценките (матрица на алтернативите *X*).

Стъпка 2. Нормализират се оценките:

80) $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$

Стъпка 3. Изчисляват се претеглените нормализирани оценки:

81) $v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$.

Стъпка 4. Пресмятат се общите оценки, асоциирани с максимизиращите и минимизиращи критерии:

82) $S_i^+ = \sum_{j=1}^n v_{ij} | j \in J^{max}$, където J^{max} се асоциира с максимизиращите критерии и

83) $S_i^- = \sum_{j=1}^n v_{ij} | j \in J^{min}$, където J^{min} се асоциира с минимизиращите критерии.

Стъпка 5. Пресмята се общата оценка за производителността на алтернативите:

84) $S_i = S_i^+ - S_i^-$.

Стъпка 6. Алтернативите се сортират в намаляващ ред на оценките S_i, като алтернативите с по-голяма стойност на S_i получават по-голям приоритет (ранк). При определянето на най-подходящата алтернатива важи следното правило:

85) $A^* = \{A_i | \max_i S_i\}$.

През 2010 г. Brauers и Zavadskas предлагат усъвършенствана версия на MOORA, която става известна като MULTIMOORA (MOORA плюс пълна мултипликативна форма – full multiplicative form) [Brauers и Zavadskas 2010].

При MULTIMOORA Стъпка 5 се променя, като допълнително се пресмятат още две оценки на алтернативите (максимална еталонна точка и пълна мултипликативна форма).

Максималната еталонна точка (вектор) се определя на базата на съотношенията (Стъпка 3). Изчисляват се еталонните стойности за всеки от критериите:

86) $v_j = \max_i v_{ij}$ – в случай на максимизиращ критерий

87) $v_j = \min_i v_{ij}$ – в случай на максимизиращ критерий.

Всяка координата на вектора представлява максимум или минимум на съответния индикатор. Всеки елемент от претеглената матрица се преизчислява по правилото:

88) $|v_j - v_{ij}|$ – в случай на максимизиращ критерий и

89) $|v_{ij} - v_j|$ – в случай на минимизиращ критерий.

Финалното ранкиране се извършва според отклонението на алтернатива от референтния вектор и Min-Max метриката на Tchebycheff:

90) $\min_i(\max_j |v_j - v_{ij}|)$

При пълната мултипликативна форма общата полезност на *i*-тата алтернатива се пресмята по формулата:

91) $U_i = \frac{A_i}{B_i}$,

където $\mathrm{A}_i = \prod_{j=1}^{g} v_{ij},\ \ j = 1, 2, \dots, m$ е произведение на максимизиращите индикатори, а $B_i = \prod_{j=g+1}^{m} v_{ij},\ \ j = 1, 2, \dots, m$ – на минимизиращите индикатори. Ранкирането се извършва по намаляващ ред на общата полезност.

След определянето на трите наредби (съответно според анализа на съотношенията, максималната еталонна точка и пълната мултипликативна форма) с помощта на теорията за доминирането, се пресмята окончателното ранкиране [Brauers и др. 2011].

III.11. Метод за интерактивно и многокритериално вземане на решения (TODIM от Interactive and Multi-criteria Decision Making на португалски)

Методът TODIM е един от първите многокритериални методи, базирани на теорията на перспективите на Kahneman и Tversky. Методът е предложен от Gomes и Lima през 1991 г. Идеята на TODIM е алтернативите да се сравняват по двойки по отношение на всеки критерий. След това печалбите и загубите се предават на функцията на перспективата, за да се пресметне т.н. частично доминиране, а получените частични доминирания се агрегират, за да образуват окончателното доминиране. Редът за класиране на алтернативите се основава на това окончателно доминиране [Gomes и Lima 1991].

Стъпка 1. За всяко $k \in M$ се пресмята относителното тегло на критерий C_k спрямо еталонния критерий C_r по формулата:

92) $$w_{kr} = \frac{w_k}{w_r}.$$

Еталонен е критерият с максимално тегло, т. е. $w_r = \max\limits_{l \in M} w_l$.

Стъпка 2. За всяко $i, j \in N$ и $k \in M$ се пресмята степента на доминиране на алтернативата A_i над алтернатива A_j по отношение на критерий C_k с помощта на следния израз:

93) $$\Phi_k(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{kr}(z_{ik} - z_{jk})}{\sum_{l=1}^{m} w_{lr}}}, & \text{ако } z_{ik} \geq z_{jk} \\ -\frac{1}{\theta}\sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{m} w_{lr}(z_{jk} - z_{ik})}{w_{kr}}}, & \text{ако } z_{ik} < z_{jk} \end{cases},$$

където $\theta > 0$. Параметърът θ отразява ефекта на загубата (когато $z_{ik} < z_{jk}$). Ако $\theta > 1$, загубата се намалява и обратно, ако $\theta < 1$ загубата се увеличава. Този параметър позволява на лицата, вземащи решения да ранкират алтернативите според загубите и печалбите: при големи стойности на θ най-добрите алтернативи са тези, които носят по-големи печалби, докато при малки θ най-добри са алтернативите, генериращи малки загуби.

Стъпка 3. За всяко $i, j \in N$ се пресмята общата степен на доминиране на алтернативата A_i над алтернатива A_j:

94) $$\Phi(A_i, A_j) = \sum_{k=1}^{m} \Phi_k(A_i, A_j).$$

Стъпка 4. За всяко $i \in N$ се пресмята общата оценка на алтернатива A_i:

95) $$\Phi(A_i) = \sum_{j=1}^{n} \Phi(A_i, A_j).$$

Стъпка 5. За всяко $i \in N$ се пресмята нормализираната обща оценка на алтернатива A_i, като се използва следния израз:

96) $$\xi(A_i) = \frac{\Phi(A_i) - \min_{j \in N} \Phi(A_j)}{\max_{j \in N} \Phi(A_j) - \min_{j \in N} \Phi(A_j)}.$$

Стъпка 6. Алтернативите се ранкират според стойностите на $\xi(A_i)$ по правилото:

97) $$A_i \succcurlyeq A_j \Leftrightarrow \xi(A_i) \geq \xi(A_j).$$

III.12. Оценка на алтернативи и ранкирането им спрямо компромисно решение (Measurement of Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution, MARCOS)

Методът MARCOS [Stević и др. 2020] се основава на определяне на взаимоотношенията между алтернативите и референтните стойности (идеална и негативно-идеална алтернатива). Въз основа на дефинираните взаимоотношения се определят функциите на полезност на алтернативите и се прави компромисно класиране спрямо идеалното и анти-идеалното решение. Най-добрата алтернатива е тази, която е най-близо до идеалното решение, като в същото време е и най-отдалечена от анти-идеалната референтна точка. Методът MARCOS се състои от следните стъпки:

Стъпка 1. Създава се матрицата на алтернативите. Моделът на задачата съдържа *n* алтернативи и *m* критерия. В случай на групово вземане на решения, матриците на оценките на отделните експерти се агрегират в обща матрица на алтернативите.

98) $$X = \begin{array}{c} \\ AAI \\ A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \\ AI \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{aa1} & x_{aa2} & \dots & x_{aan} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \\ x_{ai1} & x_{ai2} & \dots & x_{ain} \end{bmatrix} \end{array}.$$

Стъпка 2. Формира се разширена матрица на алтернативите. В тази стъпка към началната матрица се добавят още идеалното решение (*AI*) и анти-идеалното решение (*AAI*).

Анти-идеалното решение (*AAI*) е най-лошата алтернатива, докато идеалното решение е алтернативата с най-добри характеристики. Според вида на критериите, *AAI* и *AI* се дефинират със следните изрази:

99) $$AAI = \min_i x_{ij}\text{, ако } j \in B \text{ и } \max_i x_{ij}\text{, ако } j \in C,$$

100) $$AI = \max_i x_{ij}\text{, ако } j \in B \text{ и } \min_i x_{ij}\text{, ако } j \in C,$$

където *B* представлява групата на максимизиращите критерии, а *C* е групата на минимизиращите критерии.
Стъпка 3. Нормализира се разширената начална матрица (*X*). Елементите на нормализираната матрица $N = [n_{ij}]_{m\times n}$ се получават с помощта на следните изрази:

101) $n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}}$, ако $j \in C$

102) $n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}}$, ако $j \in B$,

където x_{ij} и x_{ai} са елементи на мартица *X*.
Стъпка 4. Пресмята се претеглената матрица $V = [v_{ij}]_{m\times n}$. За целта нормализираната матрица *N* се умножава с тегловния коефициент на критерия w_j съгласно израза:

103) $v_{ij} = n_{ij} \times w_j$

Стъпка 5. Пресмята се степента на полезност на алтернативите K_i спрямо анти-идеалното и идеалното решение:

104) $K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}}$ и $K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}}$,

където S_i е сума от елементите на претеглената матрица *V*:

105) $S_i = \sum_{i=1}^{n} v_{ij}$.

Стъпка 6. Определя се функцията на полезност на алтернативите $f(K_i)$. Функцията полезност е компромисът на наблюдаваната алтернатива по отношение на идеалното и анти-идеалното решение:

106) $f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1+\frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)}+\frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}}$,

където $f(K_i^+)$ представлява функцията на полезност по отношение на анти-идеалното решение, а $f(K_i^-)$ е функцията на полезност по отношение на идеалното решение.

Функциите на полезност по отношение на идеалното и анти-идеалното решение се изчисляват чрез следните изрази:

107) $f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-}$ и $f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-}$.

Стъпка 7. Ранкират се алтернативите. По-висок ранк получават алтернативите с по-висока стойност на функцията на полезност.

III.13. Метод Диапазон от стойности (Range of Values, ROV)

Методът ROV е предложен от Yakowitz и др. (1993) и пресмята максимизиращата и минимизираща полезност за всяка алтернатива [Yakowitz и др. 1993].

Алгоритъмът стартира с въвеждане на стойностите на матрицата на алтернативите и нейното нормализиране:
Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X*.
Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите:
а) за положителните критерии:

108) $r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^{min}}{x_i^{max} - x_i^{min}}$, *i* =1, …, *m*, *j* = 1, …, *n*,

б) за отрицателните критерии:

109) $r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^{max}}{x_i^{min} - x_i^{max}}$, *i* =1, …, *m*, *j* = 1, …, *n*,

където $x_i^{max} = \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$ и $x_i^{min} = \min(x_1, x_2, \dots, x_m)$ са съответно максималната и минимална стойност за критерий *j*.
Стъпка 3. Пресмятат се максимизиращата и минимизираща функция на полезност:

110) $u_i^+ = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} \cdot w_j$

111) $u_i^- = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} \cdot w_j$,

където $w_j, j = 1, 2, \dots, n$ са тегловните коефициенти, като $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, w_j > 0$.
Стъпка 4. Крайните оценки на алтернативите се пресмятат по формулата:

112) $u_i = u_i^+ + u_i^-$.

4.4. Апробация на новата методика за избор на облачна услуга

За да се валидира предложената многокритериална методика, се провежда специален експеримент, като се сравняват десет платформи за съхранение на данни в облака: A_1 – sync.com, A_2 – pCloud, A_3 – tresorit, A_4 – MEGA, A_5 – OneDrive, A_6 – Google Drive, A_7 – icedrive, A_8 – KOOFR, A_9 – Dropbox, and A_{10} – wölkli. Платформите се оценяват с помощта на пет критерия за сравнение на облачни услуги за съхранение на данни: C_1 – Споделяне на файлове, C_2 – Синхронизация, C_3 – Производителност, C_4 – Сигурност и C_5 – Техническа поддръжка. Оценяването на значимостта на критериите и на алтернативите по зададените критерии се извършва от група експерти.

С помощта на предложената методика трябва да се определят относителните тегла на критериите (Стъпка IV от методиката за избор на облачна услуга).

I. Решения на задачата при оценки, изразени с реални числа

I.1. Метод Анализ на йерархии (Analytical Hierarchy Process, AHP)

Стъпка 1. Всеки експерт попълва стойностите на матрицата на сравненията (5 × 5) на критериите по двойки, като оценките на лицата, вземащи решения, се базират на скалата на Саати и се осредняват (Таблица 6).

Таблица 6. Матрица на сравненията на критериите по двойки

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	1	1	2	4
C_2	1	1	1	2	4
C_3	1	1	1	2	4
C_4	0.5	0.5	0.5	1	2
C_5	0.25	0.25	0.25	0.5	1
Сума	3.75	3.75	3.75	7.5	15

Стъпка 2. Всеки елемент от матрицата на сравненията се нормализира като се разделя на сумата на елементите на колоната, на която принадлежи (Таблица 7).

Стъпка 3. Изчислява се векторът на тегловните коефициенти *W*, като елементите му са средно геометричните стойности на редовете на нормализираната матрица на сравненията (Таблица 7).

Стъпка 4. Матрицата на претеглената сума се получава като се умножават елементите на редовете на матрицата на сравненията със съответните елементи на вектора на тегловните коефициенти.

Таблица 7. Нормализирана матрица на сравненията и вектор на теглата *W*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	W
C_1	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
C_2	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
C_3	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
C_4	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
C_5	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067

Стъпка 5. Векторът на претеглената сума (*V*) се пресмята като се сумират редовете на матрицата на претеглена сума.

Стъпка 6. Елементите на вектора на претеглената сума се разделят на съответните им елементи от вектора на приоритета (*W*) (Таблица 8).

Стъпка 7. Пресмята се λ_{max} – средната стойност на елементите на получения вектор.

Стъпка 8. Определя се стойността на индекса на консистентност *CI* (израз 3): $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} = \frac{5-5}{5-1} = 0$, където *n* = 5 е размерността на матрицата на сравненията.

Таблица 8. Матрица на претеглената сума, вектор на претеглената сума и резултата от делението му на тегловните коефициенти

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	V	V/W
C_1	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	1.333	5.000
C_2	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	1.333	5.000
C_3	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267	1.333	5.000
C_4	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.667	5.000
C_5	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.333	5.000
						λ_{max} =	5.000

Стъпка 9. Пресмята се коефициентът на консистентност *CR* на матрицата с оценките (израз 4):

$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{1.12} = 0 < 10\%$, следователно стойностите на теглата на критериите са коректни.

Стойностите на тегловните коефициенти, получени с метод *AHP*, са следните: $w_1 = w_2 = w_3 = 0.267, w_4 = 0.133, w_5 = 0.067$ (Приложение, Таблица 1).

I.2. Лаборатория за вземане на решения чрез проба и оценка (DEcision MAking Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)

Стъпка 1. Всеки експерт попълва стойностите на матрицата на алтернативите *D*.

Стъпка 2. Получените индивидуални матрици на оценките $D_k = \left[d_{ij}{}^k\right]_{5\text{ x }5}$, където *k* е поредният номер на експерта, се осредняват и се получава матрицата на директното влияние $D = \left[d_{ij}\right]_{5\text{ x }5}$, като $d_{ij} = \frac{1}{l}\sum_{k=1}^{l} d_{ij}{}^k, \; i, \; j = 1, 2, \dots, 5$ (Таблица 9).

Таблица 9. Матрица на директното влияние *D* и максималната сума *s*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	*Сума*
C_1	1	1	1	2	4	9.00
C_2	1	1	1	2	4	9.00
C_3	1	1	1	2	4	9.00
C_4	0.5	0.5	0.5	1	2	4.50
C_5	0.25	0.25	0.25	0.5	1	2.25
Сума	3.75	3.75	3.75	7.5	15	*15.00*

Стъпка 3. Построява се матрицата на директното взаимодействие *P* (Таблица 10), като се използва матрицата на директното влияние *D* по формулата $P = \frac{D}{s}$, където $s = max\left\{\underset{1\le i<5}{max}\sum_{j=1}^{5} d_{ij}, \underset{1\le j<5}{max}\sum_{i=1}^{5} d_{ij}\right\}$ (Таблица 9).

Таблица 10. Нормализирана матрица на пряко влияние P

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267
C_2	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267
C_3	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267
C_4	0.033	0.033	0.033	0.067	0.133
C_5	0.017	0.017	0.017	0.033	0.067

Таблица 11. Матрица на общото влияние на критериите T

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	*Сума*
C_1	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267	0.600
C_2	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267	0.600
C_3	0.067	0.067	0.067	0.133	0.267	0.600
C_4	0.033	0.033	0.033	0.067	0.133	0.300
C_5	0.017	0.017	0.017	0.033	0.067	0.150
Сума	0.25	0.25	0.25	0.5	1	2.250

Таблица 12. Вектори r_i, s_i, $r_i + s_i$, $r_i - s_i$, $i = 1, \dots, 5$

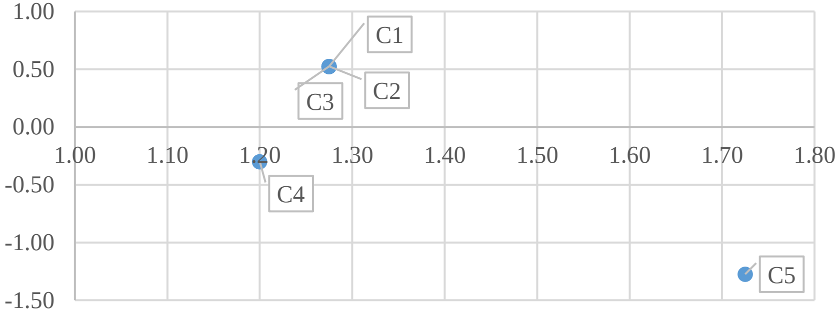
i	1	2	3	4	5
R	0.900	0.900	0.900	0.450	0.225
S	0.375	0.375	0.375	0.750	1.500
R+S	1.275	1.275	1.275	1.200	1.725
R–S	0.525	0.525	0.525	-0.300	-1.275

Стъпка 4. Пресмята се матрицата на общото влияние *T* (израз 8), Таблица 11).

Стъпка 5. Сумите на редовете и колоните на матрица *T* (Таблица 11) се записват съответно във вектори $r = (r_1, \dots, r_i, \dots, r_5)$ и $s = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_5)'$ с помощта на изрази 9) – 10). Пресмятат се векторие $r_i + s_i$ и $r_i - s_i$, $i = 1, \dots, 5$ (Таблица 12).

Стъпка 6. Построява се диаграма на разсейването между променливите Значимост (*R* + *S*) и Взаимоотношения (*R* – *S*) (Фигура 3). Както се вижда от графиката, критерии C_1, (Споделяне на файлове), C_2 (Синхронизация) и C_3 (Производителност) имат положителни стойности по двете оси *x* и *y* в модела на взаимоотношенията между сравняваните критериите. Това означава, че тези три фактора са най-значими и имат силно влияние върху останалите критерии. Стойностите на показателя Взаимоотношения (ос *y*) показват степента му на влияние върху системата като цяло. Следователно критериите C_4 (Сигурност) и C_5 (Техническа поддръжка) притежават най-малки възможности за влияние, тъй като имат отрицателни стойност по ос *y*.

Стъпка 7. Тегловните коефициенти се получават като се пресметнат средно геометричните стойности на редовете на матрицата на оценките. Получените стойности са идентични с тези, получени с метод *AHP*: $w_1 = w_2 = w_3 = 0.267, w_4 = 0.133, w_5 = 0.067$.



Фигура 3. Диаграма на разсейване с оси Значимост – Взаимоотношения

I.3. Постъпков анализ за оценка на съотношението на теглата (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis, SWARA)

Стъпка 1. Критериите се сортират в намаляващ ред според тяхната очаквана значимост. Получава се следната наредба: $C_1 \succ C_2 \succ C_3 \succ C_4 \succ C_5$.
Стъпка 2. Започвайки от втория критерий, респондентите изразяват относителната значимост на критерий *j* по отношение на предходния (*j* – 1) критерий и така се оценяват всички останали критерии. След осредняване се получават стойностите на т.н. сравнителна важност s_j (Таблица 13).
Стъпка 3. Пресмята се коефициентът k_j (Таблица 13) както следва:

$$k_j = \begin{cases} 1, & \text{ако } j = 1 \\ s_j + 1, & \text{ако } j > 1 \end{cases}.$$

Стъпка 4. Пресмята се преизчисленото тегло q_j (Таблица 13):

$$q_j = \begin{cases} 1, & \text{ако } j = 1 \\ \dfrac{q_{j-1}}{k_j} + 1, & \text{ако } j > 1 \end{cases}.$$

Стъпка 5. Относителното тегло на критериите се пресмята с помощта на израза $w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^{5} q_k}$, където *j* означава теглото на *j*-тия критерий (Таблица 13).

Стойностите на тегловния вектор *W* = (0.243, 0.243, 0.243, 0.162, 0.108), получени с метода *SWARA*, се различават от тези, пресметнати с методи *AHP* и *DEMATEL*, като за първите четири елемента относителната грешка на стойностите е минимална (9,6% за първите три коефициента и 17,8% за четвъртия коефициент), но при w_5 отклонението е над 35%. Следователно точността на метод *SWARA* е значително по-ниска, в сравнение с тази на методи *AHP* и *DEMATEL* (Приложение, Таблица 1).

Таблица 13. Коефициенти на относителна важност, k_j, тегла и относителни тегловни коефициенти

	s_j	k_j	q_j	w_j
C_1		1	1	0.243
C_2	0	1	1	0.243
C_3	0	1	1	0.243
C_4	0.5	1.5	0.667	0.162
C_5	0.5	1.5	0.444	0.108
		Сума	4.111	1.000

I.4. Метод на ентропията

Стъпки 1-2. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X* (Таблица 14).
Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите (Таблица 15)

а) за положителните критерии с помощта на израза $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}$, *i, j* =1, … , 5.

б) за отрицателните критерии преди да се приложи формулата за нормализация, се извършва конвертиране на типа на критерия.

Стъпка 3. Пресмята се ентропията (e_j) за всеки от критериите:

$e_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} f_{ij} \ln f_{ij}}{\ln 5}$, *i* =1, …, 10; *j* = 1, …, 5, където $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{10} r_{ij}}$ и $0 < e_j < 1$.

Стъпка 4: Теглата на критериите се пресмятат по формулата:

$w_j = \frac{1-e_j}{1-\sum_{i=1}^{5} e_j}$, където $\sum_{i=1}^{5} w_j = 1$ (Таблица 16).

Колкото по-малка е ентропията, толкова по-голяма е значимостта на съответния критерий в сравнение с теглата на останалите критерии в процеса на вземане на решения.

Таблица 14. Матрица на алтернативите *X*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	4	2	6	4	3
A_2	2	5	7	3	3
A_3	3	5	4	6	3
A_4	4	3	6	4	4
A_5	4	5	9	4	4
A_6	3	3	6	5	3
A_7	5	5	5	5	4
A_8	2	5	5	5	3
A_9	4	5	3	5	3
A_{10}	4	5	6	6	4
Сума	35	43	57	47	34

Таблица 15. Нормализирана матрица на алтернативите *R*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	0.114	0.047	0.105	0.085	0.088
A_2	0.057	0.116	0.123	0.064	0.088
A_3	0.086	0.116	0.070	0.128	0.088
A_4	0.114	0.070	0.105	0.085	0.118
A_5	0.114	0.116	0.158	0.085	0.118
A_6	0.086	0.070	0.105	0.106	0.088
A_7	0.143	0.116	0.088	0.106	0.118
A_8	0.057	0.116	0.088	0.106	0.088
A_9	0.114	0.116	0.053	0.106	0.088
A_{10}	0.114	0.116	0.105	0.128	0.118

Таблица 16. Матрица *F*, вектори e_{ij}, 1 – e_{ij} и *W*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	-0.248	-0.143	-0.237	-0.210	-0.214
A_2	-0.164	-0.250	-0.258	-0.176	-0.214
A_3	-0.211	-0.250	-0.186	-0.263	-0.214
A_4	-0.248	-0.186	-0.237	-0.210	-0.252
A_5	-0.248	-0.250	-0.291	-0.210	-0.252
A_6	-0.211	-0.186	-0.237	-0.238	-0.214
A_7	-0.278	-0.250	-0.213	-0.238	-0.252
A_8	-0.164	-0.250	-0.213	-0.238	-0.214
A_9	-0.248	-0.250	-0.155	-0.238	-0.214
A_{10}	-0.248	-0.250	-0.237	-0.263	-0.252
Сума	-2.266	-2.266	-2.265	-2.284	-2.292
e_{ij}	0.984	0.984	0.984	0.992	0.996
$1\text{-}e_{ij}$	0.016	0.016	0.016	0.008	0.004
W	0.263	0.263	0.266	0.134	0.073

Стойностите на вектора на относителните тегла *W*, пресметнати чрез метода на ентропията, се различават от тези, изчислени с методи *AHP* и *DEMATEL*, като за първите четири елемента относителната грешка в стойностите е минимална (около 1%), а при последния елемент, w_5, отклонението е под 10%. Разликите са породени от спецификата на метода – тук изходните данни се отличават спрямо тези при методи *AHP*, *DEMATEL* и *SWARA*, тъй като изчисленията се базират на матрицата на оценките, а не на сравненията на критериите по двойки.

I.5. Метод Най-добър – най-лош (Best-worst method, BWM)

Стъпка 1. Определя се множеството от критерии $C = \{C_1, C_2, \dots, C_5\}$.
Стъпка 2. Определят се най-добрият (т.е. най-важният, най-значимият) критерий и най-лошият (т.е. най-незначителният) критерии. В резултат на изпълнението на стъпка 2. получаваме следната наредба:
$C_1 \succ C_2 \succ C_3 \succ C_4 \succ C_5$.

Стъпка 3. Определя се превъзходството на най-добрия критерий (C_1) спрямо останалите критерии, като се използват числата от 1 до 9. Получава се векторът $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{B5}) = (1,\ 1,\ 1,\ 2,\ 4)$, където a_{Bj}, *j* =1, 2, …, 5, означава превъзходството на най-добрия критерий *B* спрямо критерий *j* (Таблица 17).
Стъпка 4. Определя се превъзходството на критериите спрямо най-лошия критерий (C_5), като се използват числата от 1 до 9. В резултат се получава векторът $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{5W}) = (4,\ 4,\ 4,\ 2,\ 1)$, където a_{jW} означава превъзходството на критерий *j*, *j* =1, 2, …, 5, спрямо най-лошия критерий *W* (Таблица 17).
Стъпка 5. Определят се тегловните коефициенти $(w_1, w_2, \dots, w_5)$. Целта е да се пресметнат оптималните тегла на критериите, така че максималните абсолютни разлики $\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right|$ и $\left|\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}\right|$ за всички *j* да са минимизирани, т.е. следва да се реши следната оптимизационна задача (израз 18).

Таблица 17. Вектори *AB* и *AW*

	C1	*C2*	*C3*	*C4*	*C5*
AB	1	1	1	2	4
AW	4	4	4	2	1

Получава се следният модел на оптимизационната задача:
min χ при изпълнение на следните ограничителни условия:
$\left|\frac{w_1}{w_2} - 1\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_1}{w_3} - 1\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_1}{w_4} - 2\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_1}{w_5} - 4\right| \le \chi$,
$\left|\frac{w_1}{w_5} - 1\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_2}{w_5} - 1\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_3}{w_5} - 2\right| \le \chi$; $\left|\frac{w_4}{w_5} - 4\right| \le \chi$,
$\sum_{j=1}^{5} w_j, \forall j$, $w_j \ge 0, \forall j$.

Решаваме задачата с помощта на *MS Excel Solver*. Полученото решение е идентично с това, получено с методи *AHP* и *DEMATEL*: $w_1 = w_2 = w_3 = 0.267, w_4 = 0.133, w_5 = 0.067$.

I.6. Метод на пълната консистентност (Full Consistency Method, FUCOM)

Стъпка 1. Ранкират се критериите от предварително дефинирано множество от критерии $C = \{C_1, C_2, \dots, C_5\}$. Ранкирането се основава на значимостта на критериите, т.е. започва с критерия, за който се предполага, че ще има максимален тегловен коефициент и завършва с критерия с най-малка значимост: $C_1 \succ C_2 \succ C_3 \succ C_4 \succ C_5$.
Стъпка 2. Определя се сравнителният приоритет на критериите $\varphi_{k/(k+1)}, k = 1, 2, \dots, 5,$ където *k* е рангът на критерия. Получава се векторът на сравнителния приоритет:

$\Phi = (\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots, \varphi_{4/5}) = (1, 1, 0.5, 0.5)$.

Стъпка 3. Пресмятат се стойностите на тегловните коефициенти $(w_1, w_2, \dots, w_5)$. Те трябва да удовлетворяват две групи ограничителни условия:

1) Отношението на теглата по двойки трябва да е равно на сравнителния приоритет на съответните критерии, зададен в стъпка 2, $\frac{w_k}{w_{k+1}} = \varphi_{k/(k+1)}$, в нашия случай $\frac{w_1}{w_2} = \varphi_{1/2} = 1$, $\frac{w_2}{w_3} = \varphi_{\frac{2}{3}} = 1$, $\frac{w_3}{w_4} = \varphi_{3/4} = 0.5$, $\frac{w_4}{w_5} = \varphi_{4/5} = 0.5$.

2) Тегловните коефициенти трябва да удовлетворяват и изискването за транзитивност, т.е. $\varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{k+1/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$ или $\frac{w_k}{w_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{k+1/(k+2)}$, в нашия случай $\frac{w_1}{w_3} = \varphi_{1/2} \otimes \varphi_{2/3} = 1$; $\frac{w_2}{w_4} = \varphi_{2/3} \otimes \varphi_{3/4} = 0.5$; $\frac{w_3}{w_5} = \varphi_{3/4} \otimes \varphi_{4/5} = 0.25$.

За да бъде удовлетворено изискването за пълна консистентност на тегловните коефициенти, трябва да са изпълнени двете групи условия, $\left|\frac{w_k}{w_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq \chi$ и $\left|\frac{w_k}{w_{k+2}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \chi$, при минимизация на χ. Оттук се стига до модела за определяне на тегловните коефициенти:

min χ при изпълнение на следните ограничителни условия:

$$\left|\frac{w_1}{w_2} - 1\right| \leq \chi; \left|\frac{w_2}{w_3} - 1\right| \leq \chi; \left|\frac{w_3}{w_4} - 0.5\right| \leq \chi; \left|\frac{w_4}{w_5} - 0.5\right| \leq \chi$$

$$\left|\frac{w_1}{w_3} - 1\right| \leq \chi; \left|\frac{w_2}{w_4} - 0.5\right| \leq \chi; \left|\frac{w_3}{w_5} - 0.25\right| \leq \chi$$

$$\sum_{j=1}^{5} w_j, \forall j, w_j \geq 0, \forall j.$$

Създаваме модел на оптимизационната задача и я решаваме с помощта на *MS Excel Solver*. Полученото решение е идентично с това, получено с методи *AHP*, *DEMATEL* и *BWM*: $w_1 = w_2 = w_3 = 0.267, w_4 = 0.133, w_5 = 0.067$.

Получените тегла на критериите за сравнение на облачни услуги са представени обобщено в Таблица 1 на Приложението. Тегловните коефициенти, получени с методи DEMATEL, BWM и FUCOM, съвпадат напълно с тези, получени с класическия метод AHP. Относителните грешки на коефициентите, получени с метода на ентропията, са минимални – отклонението е между 0% и 1,5% за четири от коефициентите и 8,7% за един от коефициентите. При метод SWARA обаче, относителните грешки на теглата са значителни и неговото приложение в практиката при избор на облачна услуга не се препоръчва.

II. Решения на задачата при оценки, изразени с размити числа

II.1. Метод на размитата пълна консистентност (Fuzzy Full Consistency Method, fFUCOM)

Нека критериите за оценка на алтернативи са пет на брой. Група от лица, вземащи решения, сравняват критериите по двойки, използвайки лингвистичните променливи от [Ilieva 2020].

Стъпка 1. Оценките на лицата, вземащи решения, за важността на критериите $C = \{C_1, C_2, \dots, C_5\}$, се сортират в намаляващ ред. Получава се следната наредба:

$C_1 \succcurlyeq C_2 \succcurlyeq C_3 \succ C_4 \succ C_5$.

Стъпка 2. Критериите се сравняват по двойки и се определят размитите относителни приоритети $\tilde{\varphi}_{k/(k+1)}, k = 1, 2, \dots, 4$, където k е рангът на критерия. Според лицата, вземащи решения, първите три критерия са еднакво важни. Тези три критерия са средно важни спрямо четвъртия критерий и много важни спрямо последния, пети критерий. След осредняване се получават стойностите на вектора на груповите размити относителни приоритети:

$\widetilde{\Phi} = (\tilde{\varphi}_{1/2}, \tilde{\varphi}_{2/3}, \tilde{\varphi}_{3/4}, \tilde{\varphi}_{4/5}) =$

$((0.67, 1, 1.5), (0.67, 1, 1.5), (1.5, 2, 2.5), (1.5, 2, 2.5))$.

Стъпка 3. Пресмятат се оптималните стойности на тегловните коефициенти $(\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \dots, \widetilde{w}_5)$, като $\widetilde{w}_j = (l_j, m_j, u_j), j = 1,2, \dots, 5$. Те трябва да удовлетворяват следните две условия:

1) Съотношенията между тегловните коефициенти следва да са равни на размитите относителни коефициенти на съответните критерии $\widetilde{\Phi}$, дефинирани в Стъпка 2.

2) Стойностите на тегловните коефициенти трябва да удовлетворяват изискването за транзитивност:

$\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_3} = \tilde{\varphi}_{1/2} \otimes \tilde{\varphi}_{2/3} = (0.67, 1, 1.5)$,

$\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_4} = \tilde{\varphi}_{2/3} \otimes \tilde{\varphi}_{3/4} = (1.5, 2, 2.5)$,

$\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_5} = \tilde{\varphi}_{3/4} \otimes \tilde{\varphi}_{4/5} = (2.5, 3, 3.5)$.

За да бъде изпълнено условието за пълна консистентност, е необходимо размитите тегловни коефициенти да удовлетворяват двете групи условия: $\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+1}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)}\right| \leq \tilde{\chi}$ и $\left|\frac{\widetilde{w}_k}{\widetilde{w}_{k+2}} - \tilde{\varphi}_{k/(k+1)} \otimes \tilde{\varphi}_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \tilde{\chi}$ при минимизация на $\tilde{\chi}$, където $\tilde{\chi} = (l^{\chi}, m^{\chi}, u^{\chi})$.

Съгласно зададените изисквания, се построява следния модел за определяне на оптималните стойности на теглата на критериите за оценка:

min $\tilde{\chi}$

$\left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_2} - \tilde{\varphi}_{1/2}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_2} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_3} - \tilde{\varphi}_{2/3}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_3} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_4} - \tilde{\varphi}_{3/4}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_4} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_4}{\widetilde{w}_5} - \tilde{\varphi}_{4/5}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_4}{\widetilde{w}_5} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_3} - \tilde{\varphi}_{1/2} \otimes \tilde{\varphi}_{2/3}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_3} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_4} - \tilde{\varphi}_{2/3} \otimes \tilde{\varphi}_{3/4}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_4} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_5} - \tilde{\varphi}_{3/4} \otimes \tilde{\varphi}_{4/5}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_5} - (2.5, 3, 3.5)\right| \leq \tilde{\chi}$;
$\sum_{j=1}^{5} R(\widetilde{w}_j) = 1$, $l_j \leq m_j \leq u_j, l_j \geq 0, \forall j$.

Тъй като $l^{\chi} \leq m^{\chi} \leq u^{\chi}$, нека $\tilde{\chi}^* = (p^*, p^*, p^*) \leq l^{\chi}$. Тогава моделът се трансформира по следния начин:

min $\tilde{\chi}^*$
$\left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_2} - \tilde{\varphi}_{1/2}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_2} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_3} - \tilde{\varphi}_{2/3}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_3} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_4} - \tilde{\varphi}_{3/4}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_4} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_4}{\widetilde{w}_5} - \tilde{\varphi}_{4/5}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_4}{\widetilde{w}_5} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$;
$\left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_3} - \tilde{\varphi}_{1/2} \otimes \tilde{\varphi}_{2/3}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_1}{\widetilde{w}_3} - (0.67, 1, 1.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$; $\left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_4} - \tilde{\varphi}_{2/3} \otimes \tilde{\varphi}_{3/4}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_2}{\widetilde{w}_4} - (1.5, 2, 2.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$; $\left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_5} - \tilde{\varphi}_{3/4} \otimes \tilde{\varphi}_{4/5}\right| = \left|\frac{\widetilde{w}_3}{\widetilde{w}_5} - (2.5, 3, 3.5)\right| \leq (p^*, p^*, p^*)$;
$\sum_{j=1}^{5} G(\widetilde{w}_j) = 1$; $l_j \leq m_j \leq u_j$; $l_j \geq 0, \forall j$,

където с *G* е означена формулата за дефъзификация *GMIR* (израз (25)).

Решаваме задачата с помощта на *MS Excel Solver*. Получаваме следното решение:

$\widetilde{w}_1 = (0.263, 0.263, 0.263)$; $\widetilde{w}_2 = (0.176, 0.262, 0.393)$;
$\widetilde{w}_3 = (0.262, 0.262, 0.262)$; $\widetilde{w}_4 = (0.105, 0.134, 0.175)$;
$\widetilde{w}_5 = (0.070, 0.070, 0.070)$.

След дефъзификация по правилото за *GMIR* получаваме следните относителни тегла: $w_1 = 0.263, w_2 = 0.269, w_3 = 0.262, w_4 = 0.136$ и $w_5 = 0.070$. Полученото решение е близко до това, получено с методите *AHP*, *DEMATEL* и *BWM* ($w_1 = w_2 = w_3 = 0.267, w_4 = 0.133, w_5 = 0.067$).

Относителните грешки на теглата, получени чрез размития вариант на FUCOM (fFUCOM) спрямо тези на класическия метод AHP са минимални (отклонението е между 0% и 2% за първите четири коефициента и 4,8% за последния, пети коефициент) (Приложение, Таблица 1). Следователно размитият вариант на FUCOM е подходящ за решаване на задачата за определяне на относителните тегла на критериите в условията на неопределеност.

Добрите резултати на fFUCOM потвърждават и тезата, че в случай на неточни оценки на облачните услуги, задачата за определяне на тегловните коефициенти може да бъде успешно решена чрез методи за размит МКА.

С помощта на получените относителни тегла на критериите се ранкират сравняваните облачни услуги за съхранение на данни (Стъпка V на новата методика).

III. Методи за агрегиране на оценките и ранкиране на сравняваните алтернативи

III.1. Метод на претеглената сума (Simple Additive Weighting, SAW)

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X* (Таблица 18).
Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите (Таблица 19).

Елементите на нормализираната матрица се пресмятат по следния начин:

- за положителните критерии се прилага формулата:

$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i^{max}}$, i = 1, 2, …, 10, j = 1, 2, …, 5,

където x_i^{max} е максималната стойност в колона j.

- за отрицателните критерии формулата е следната:

$n_{ij} = \frac{x_i^{min}}{x_{ij}}$, i = 1, 2, …, 10, j = 1, 2, …, 5,

където x_i^{min} е минималната стойност в колона j.
Стъпка 3. Оценява се всяка алтернатива чрез формулата:

$R_i = \sum_{j=1,2,\dots,n} w_j x_{ij}$.

Таблица 18. Матрица на алтернативите *X*

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	5	7	3	1	5
A_2	7	5	3	4	4
A_3	6	5	1	7	6
A_4	6	5	3	7	3
A_5	6	1	6	1	4
A_6	5	1	7	1	7
A_7	1	3	1	1	5
A_8	3	5	3	4	1
A_9	6	5	5	4	6
A_{10}	6	5	6	7	5
Max	7	7	7	7	7

Източник: cloudwards.com и собствени изчисления

Таблица 19. Нормализираната матрица
на алтернативите *R* и стойностите на R_i

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	R_i
A_1	0.714	1.000	0.429	0.143	0.714	0.639
A_2	1.000	0.714	0.429	0.571	0.571	0.687
A_3	0.857	0.714	0.143	1.000	0.857	0.648
A_4	0.857	0.714	0.429	1.000	0.429	0.696
A_5	0.857	0.143	0.857	0.143	0.571	0.553
A_6	0.714	0.143	1.000	0.143	1.000	0.582
A_7	0.143	0.429	0.143	0.143	0.714	0.257
A_8	0.429	0.714	0.429	0.571	0.143	0.505
A_9	0.857	0.714	0.714	0.571	0.857	0.744
A_{10}	0.857	0.714	0.857	1.000	0.714	0.830

Източник: cloudwards.com и собствени изчисления

Алтернативите се сортират в намаляващ ред на получените оценки (Таблица 19), като се получава следната наредба: $A_{10} \succ A_9 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_8 \succ A_7$.

III.2. Метод за многокритериална оптимизация и компромисно решение (VIsekriterijumsko KOmpromisino Rangiranje, VIKOR)

Стъпка 1. Въвежда се матрицата на алтернативите *X* и се задават относителните тегловни коефициенти на критериите *W*.

Стъпка 2. Определят се оптималното и негативно-оптималното решение за критериите:

$$f_j^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^*\} = \left\{\max_j x_{ij}^* \mid j \in \Omega_b, \min_j x_{ij}^* \mid j \in \Omega_c\right\}$$

$$f_j^- = \{x_1^-, x_2^- \dots, x_5^-\} = \left\{\min_j x_{ij}^* \mid j \in \Omega_b, \max_j x_{ij}^* \mid j \in \Omega_c\right\},$$

където Ω_b е множеството на максимизиращите критерии, а Ω_c е множеството на минимизиращите критерии.

Стъпка 3. Пресмятат се стойностите на S_i и R_i, като се използват следните формули: $S_i = L_i^{p=1} = \sum_{j=1}^{5}\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}\right]$ и

$$R_i = L_i^{p=\infty} = \left\{\sum_{j=1}^{5}\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}\right]^{\infty}\right\}^{\frac{1}{\infty}} = \max_j\left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}\right],$$

$$1 \le p < \infty, i = 1, 2, \dots, 10,$$

където S_i и $R_i \in [0,1]$, като 0 означава най-доброто (т.е. достигане на най-желаното) ниво, а 1, обратно, означава най-лошото ниво. Разликата между $f_j^* - x_{ij}$ се нарича недостатък на дадената алтернатива по критерия.

Стъпка 4. Изчисляват се крайните оценки Q_i за ранкирането:
$Q_i = \nu \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1-\nu) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}, i = 1, 2, \dots, 10.$ (Таблица 20).

Таблица 20. Претеглената матрица *X* и вектори S_j, R_j и Q_j

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i	R_i	Q_i
A_1	0.089	0.000	0.178	0.000	0.045	0.312	0.178	0.250
A_2	0.000	0.089	0.178	0.067	0.033	0.367	0.178	0.313
A_3	0.045	0.089	0.267	0.134	0.056	0.590	0.267	0.813
A_4	0.045	0.089	0.178	0.134	0.022	0.467	0.178	0.425
A_5	0.045	0.267	0.045	0.000	0.033	0.389	0.267	0.588
A_6	0.089	0.267	0.000	0.000	0.067	0.423	0.267	0.625
A_7	0.267	0.178	0.267	0.000	0.045	0.757	0.267	1.000
A_8	0.178	0.089	0.178	0.067	0.000	0.512	0.178	0.475
A_9	0.045	0.089	0.089	0.067	0.056	0.345	0.089	0.038
A_{10}	0.045	0.089	0.045	0.134	0.045	0.356	0.134	0.175
					Max	0.757	0.267	
					Min	0.312	0.089	

Стъпка 5. Ранкират се алтернативите като се сортират в намаляващ ред на стойностите на Q_i. Най-добра е алтернативата с най-малка интегрална оценка.
Стъпка 6. Предлага се компромисно решение. При зададените стойности алтернатива A^I е най-добрата по показател *Q* (има минимална стойност), ако са изпълнени следните две допълнителни условия:
Условие 1. „Приемливо предимство“: $Q(A^{II}) - Q(A^I) \geq \frac{1}{10-1}$, където A^{II} е втората най-добра алтернатива по показател Q.
Условие 2. „Приемлива стабилност на решението“: Алтернатива A^I трябва да е най-добрата по показател *S* и/или *R*.

В нашия случай алтернатива е A_9 удовлетворява и двете условия, следователно тя е компромисната алтернатива. Логично, крайната наредба се различава в известна степен от тази, получена чрез метод *SAW* и има следния вид: $A_9 \succ A_{10} \succ A_1 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_8 \succ A_5 \succ A_6 \succ A_3 \succ A_7$, като ранговият коефициент на корелация на наредбата, получена по метода *VIKOR* спрямо еталонната наредба, получена с метод *SAW*, е r_S = 0.745.

III.3. Метод за комплексна пропорционална оценка на алтернативите (Complex Proportional Assessment, COPRAS)

Според алгоритъма на метод *COPRAS*, оценката на *i*-та алтернатива Z_i е правопропорционална на ефекта, генериран от максимизиращите критерии S_{+j} и обратно пропорционална на сумата от претеглените нормализирани стойности на минимизиращите критерии – компонента S_{-j}. Тъй като в задачата за избор на облачна услуга критериите са само максимизиращи, а нормализацията на оценките – класическа (линейна нормализация), то наредбата, получена по метода *COPRAS*, съвпада с тази, получена по метод *SAW*: $A_{10} \succ A_9 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_8 \succ A_7$.

III.4. Адитивна оценка на съотношения (Additive Ratio Assessment, ARAS)

Стъпка 1. Определя се оптималната стойност за всеки от критериите: $x_{0j} = \max_i x_{ij}$, където x_{0j} е оптималната оценка за *j*-тия критерий.

Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица на алтернативите: $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{10} x_{ij}}$, където r_{ij} е нормализираната оценка на *i*-тата алтернатива по *j*-тия критерий.

Стъпка 3. Пресмята се претеглената матрица на алтернативите: $v_{ij} = w_j \,.\, r_{ij}$, където w_j е теглото на j-тия критерий, а v_{ij} е претеглената оценка на *i*-тата алтернатива по *j*-тия критерий.

Стъпка 4. Пресмята се общата оценка на производителността на всяка от алтернативите: $S_i = \sum_{j=1}^{5} v_{ij}$ (Таблица 21).

Стъпка 5. Определя се степента на полезност на всяка алтернатива, като тук не само се отчита нейната стойност, но и относителната ѝ значимост спрямо оптималната стойност: $Q_i = \frac{S_i}{S_0}$, където Q_i е степента на полезност на *i*-тата алтернатива, а S_0 е индекс на производителността на оптималната алтернатива.

Стъпка 6. Алтернативите се сортират в намаляващ ред на стойностите на Q_i.

Получава се следната наредба: $A_{10} \succ A_9 \succ A_6 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_1 \succ A_3 \succ A_8 \succ A_7$ $(r_S = 0.806)$.

Таблица 21. Претеглената матрица *X* и вектори S_j и Q_j

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i	Q_i
A_1	0.056	0.085	0.080	0.007	0.019	0.246	0.693
A_2	0.078	0.061	0.080	0.028	0.015	0.262	0.736
A_3	0.067	0.061	0.027	0.049	0.022	0.226	0.635
A_4	0.067	0.061	0.080	0.049	0.011	0.268	0.754
A_5	0.067	0.012	0.160	0.007	0.015	0.261	0.734
A_6	0.056	0.012	0.187	0.007	0.026	0.288	0.809
A_7	0.011	0.036	0.027	0.007	0.019	0.100	0.281
A_8	0.033	0.061	0.080	0.028	0.004	0.206	0.580
A_9	0.067	0.061	0.134	0.028	0.022	0.311	0.876
A_{10}	0.067	0.061	0.160	0.049	0.019	0.355	1.000
					S_0	0.355	

III.5. Техника за подреждане на предпочитанията по сходство с идеалното решение (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X*.
Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите, като за целта се използва следната формула:

$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{10} x_{kj}^2}}$, $i = 1, 2, \ldots, 10$; $j = 1, 2, \ldots, 5$.

Стъпка 3. Намират се елементите на претеглената нормализирана матрица на алтернативите $V = (v_{ij})_{10 \times 5}$ по формулата:

$v_{ij} = w_j r_{ij}$, $i = 1, 2, \ldots, 10$; $j = 1, 2, \ldots, 5$,

където w_j е относителното тегло на j-тия критерий и $\sum_{j=1}^{5} w_j = 1$. (Таблица 22).
Стъпка 4. Пресмятат се оптималното и негативно-оптималното решение:

$$A^* = \{v_1^*, \ldots, v_m^*\} = \left\{\max_j v_{ij}^* \,|j \in \Omega_b, \min_j v_{ij}^* \,|j \in \Omega_c\right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, \ldots, v_m^-\} = \left\{\min_j v_{ij}^* \,|j \in \Omega_b, \max_j v_{ij}^* \,|j \in \Omega_c\right\},$$

където Ω_b е множеството на максимизиращите критерии, а Ω_c е множеството на минимизиращите критерии.
Стъпка 5. Изчислява се евклидовото разстояние на всяка алтернатива до идеалното и негативно-идеалното решение:

$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(v_{ij} - v_j^*\right)^2}$, $i = 1, 2, \ldots, 10$

$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$, $i = 1, 2, \ldots, 10$.

Стъпка 6. Определя се относителната близост на всяка алтернатива до идеалното решение:

$RC_i = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-}$, $i = 1, 2, \ldots, 10$.

Стъпка 7. Сортират се алтернативите в намаляващ ред на показателя за близост RC_i : $A_9 \succ A_{10} \succ A_1 \succ A_2 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_8 \succ A_3 \succ A_7$ $(r_S = 0.685)$. Значителното отклонение от еталонната наредба (*SAW*) се дължи на факта, че при метод *TOPSIS* като отправна точка за сравнение на алтернативите се използва средната оценка наличните алтернативи.

В случай на информация за генералната съвкупност от облачни услуги за съхранение на данни, вероятно грешката ще се редуцира.

Таблица 22. Претеглена нормализирана матрица *V*, оптималното решение A^*и негативно оптимално решение A^-, разстоянията до тях D_i^*и D_i^- и близостта до идеалното решение RC_i

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	D_i^*	D_i^-	RC_i
A_1	0.079	0.129	0.059	0.009	0.022	0.087	0.145	0.626
A_2	0.110	0.092	0.059	0.038	0.017	0.092	0.130	0.584
A_3	0.094	0.092	0.020	0.066	0.026	0.139	0.108	0.437
A_4	0.094	0.092	0.059	0.066	0.013	0.105	0.116	0.524
A_5	0.094	0.018	0.118	0.009	0.017	0.114	0.139	0.549
A_6	0.079	0.018	0.138	0.009	0.030	0.118	0.145	0.552
A_7	0.016	0.055	0.020	0.009	0.022	0.169	0.068	0.288
A_8	0.047	0.092	0.059	0.038	0.004	0.111	0.097	0.467
A_9	0.094	0.092	0.098	0.038	0.026	0.067	0.136	0.672
A_{10}	0.094	0.092	0.118	0.066	0.022	0.074	0.146	0.663
A^*	0.110	0.129	0.138	0.009	0.004			
A^-	0.016	0.018	0.020	0.066	0.030			

III.6. Претеглени агрегирани сума и произведение (Weighted Aggregated Sum Product Assessment, WASPAS)

Стъпка 1. Конструира се матрицата на алтернативите *X* с размерност *m* × *n*, която в случая обхваща 10 алтернативи и 5 критерия.

Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица, като за положителните критерии се прилага следната формула:

$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i^{max}}$, *i* = 1, 2, … , 10, *j* = 1, 2, …, 5,

където x_i^{max} е максималната стойност в колона *j*.

За отрицателните критерии формулата е следната:

$n_{ij} = \frac{x_i^{min}}{x_{ij}}$, *i* = 1, 2, …, 10, *j* = 1, 2, …, 5,

където x_i^{min} е минималната стойност в колона *j*.

Стъпка 3. Оценява се всяка алтернатива чрез формулата: $Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1-\lambda) Q_i^{(2)} = \lambda \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij} + (1-\lambda) \prod_{j=1}^{n} {x_{ij}}^{w_j},\ (\lambda = 0, 0.1,\ \dots,\ 1)$.

Алтернативите се сортират в намаляващ ред на получените оценки Q, т.е. най-добра е алтернативата с максимална стойност на Q. В случай, че λ е равно на 0, то методът се трансформира в SAW, а ако λ е 1 – в метода на претегленото произведение (Таблица 23).

Получава се следната наредба: $A_{10} \succ A_9 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_8 \succ A_5 \succ A_7$ $(r_S = 0.976)$.

Таблица 23. Претеглена нормализирана матрица *N* и
оценки на алтернативите $Q_i^{(1)}$, $Q_i^{(1)}$ и Q_i при $\lambda = 0.5$.

	C₁	*C₂*	*C₃*	*C₄*	*C₅*	$Q_i^{(1)}$	$Q_i^{(2)}$	Q_i
A_1	0.079	0.129	0.059	0.009	0.022	0.087	0.145	0.626
A_2	0.110	0.092	0.059	0.038	0.017	0.092	0.130	0.584
A_3	0.094	0.092	0.020	0.066	0.026	0.139	0.108	0.437
A_4	0.094	0.092	0.059	0.066	0.013	0.105	0.116	0.524
A_5	0.094	0.018	0.118	0.009	0.017	0.114	0.139	0.549
A_6	0.079	0.018	0.138	0.009	0.030	0.118	0.145	0.552
A_7	0.016	0.055	0.020	0.009	0.022	0.169	0.068	0.288
A_8	0.047	0.092	0.059	0.038	0.004	0.111	0.097	0.467
A_9	0.094	0.092	0.098	0.038	0.026	0.067	0.136	0.672
A_{10}	0.094	0.092	0.118	0.066	0.022	0.074	0.146	0.663

III.7. Оценка на разстоянието до средното решение (Evaluation based on Distance from Average Solution, EDAS)

Стъпка 1. Конструират се матрицата на алтернативите $\left[x_{ij}\right]_{10 \text{ x } 5}$ според оценките на експертите и вектора на тегловните коефициенти $\left[w_j\right]_{1 \text{ x } 5}$.

Стъпка 2. Определя се средната стойност на оценките по критериите AV_j:

$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_{ij}}{n}$

Стъпка 3. Пресмятат се матриците на положителните разстояния *PDA* $\left[pda_{ij}\right]$ и на отрицателните разстояние *NDA* $\left[nda_{ij}\right]$ от средното решение:

$PDA_{ij} = \frac{\max(0,\ x_{ij}-AV_j)}{AV_j}$, $NDA_{ij} = \frac{\max(0,\ AV_j-x_{ij})}{AV_j}$,

ако *j*-тият критерий е максимизиращ и

$PDA_{ij} = \frac{\max(0,\ AV_j-x_{ij})}{AV_j}$, $NDA_{ij} = \frac{\max(0,\ x_{ij}-AV_j)}{AV_j}$,

ако *j*-тият критерий е минимизиращ (съответно Таблица 17 и Таблица 18).

Стъпка 4. Изчисляват се претеглените суми на *PDA* $[sp_i]$ и *NDA* $[sn_i]$ за всяка от алтернативите:

$SP_i = \sum_{j=1}^{5} w_j PDA_{ij}$ и $SN_i = \sum_{j=1}^{5} w_j NDA_{ij}$.

Стъпка 5. Намира се нормализираната стойност на претеглената сума на *PDA* $[nsp_i]$ и нормализираната стойност на претеглената сума на *NDA* $[nsn_i]$ за всяка от алтернативите:

$NSP_i = \frac{SP_i}{max_i(SP_i)}$, $NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{max_i(SN_i)}$

Стъпка 6. Пресмята се общата оценка $[as_i]$ на всяка от алтернативите:

$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i)$, където $0 \leq AS_i \leq 1$.

Стъпка 7. Алтернативите се ранкират в намаляват ред на общата оценка.

Таблица 24. Претеглена матрица на положителните разстояния PDA_{ij}

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	0.000	0.178	0.000	0.000	0.006
A_2	0.099	0.051	0.000	0.011	0.000
A_3	0.047	0.051	0.000	0.119	0.020
A_4	0.047	0.051	0.000	0.119	0.000
A_5	0.047	0.000	0.155	0.000	0.000
A_6	0.000	0.000	0.225	0.000	0.035
A_7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
A_8	0.000	0.051	0.000	0.011	0.000
A_9	0.047	0.051	0.084	0.011	0.020
A_{10}	0.047	0.051	0.155	0.119	0.006

Таблица 25. Претеглена матрица на отрицателните разстояния NDA_{ij}

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	0.005	0.000	0.056	0.097	0.000
A_2	0.000	0.000	0.056	0.000	0.009
A_3	0.000	0.000	0.197	0.000	0.000
A_4	0.000	0.000	0.056	0.000	0.023
A_5	0.000	0.203	0.000	0.097	0.009
A_6	0.005	0.203	0.000	0.097	0.000
A_7	0.215	0.076	0.197	0.097	0.000
A_8	0.110	0.000	0.056	0.000	0.052
A_9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_{10}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Таблица 26. Претеглени суми SP_i и SN_i, техните нормализирани оценки NSP_i и NSN_i и общата оценка на всяка алтернатива AS_i

	SP_i	SN_i	NSP_i	NSN_i	AS_i
A_1	0.184	0.159	0.487	0.728	0.608
A_2	0.161	0.065	0.427	0.889	0.658
A_3	0.237	0.197	0.629	0.664	0.646
A_4	0.217	0.079	0.534	0.864	0.720
A_5	0.202	0.310	0.688	0.471	0.693
A_6	0.260	0.306	0.015	0.477	0.503
A_7	0.006	0.585	0.163	0.000	0.582
A_8	0.062	0.218	0.149	0.627	0.008
A_9	0.213	0.000	0.565	1.000	0.783
A_{10}	0.377	0.000	1.000	1.000	1.000
Max	0.377	0.585			

Получава се следната наредба: $A_{10} \succ A_9 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_8 \succ A_7$ $(r_S = 1.000)$. Характерна особеност на метод *EDAS*, подобно на *TOPSIS*, че като отправна точка за сравнение се използва средната оценка на наличните алтернативи. В случай на информация за генералната съвкупност от облачни услуги за съхранение на данни, има вероятност наредбата да се промени.

III.8. Многоатрибутно сравнение с приблизителната гранична област (Multi-Attributive Border approximation Area Comparison, MABAC)

Стъпка 1. Конструира се оценителната матрица *X* (*m* × *n*), която обхваща *m* = 10 алтернативи и *n* = 5 критерия (1).
Стъпка 2. Пресмята се нормализираната матрица *N*:

$$N = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{15} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{10\,1} & t_{10\,2} & \dots & t_{10\,5} \end{bmatrix}.$$

Елементите на нормализираната матрица *N* са получени с помощта на следните изрази:

а) за положителните критерии:

$t_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{min}}{x_i^{max}-x_i^{min}}$, *i* =1, …, 10, *j* = 1, …, 5,

б) за отрицателните критерии:

$t_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{max}}{x_i^{min}-x_i^{max}}$, *i* =1, …, 10, *j* = 1, …, 5,

където $x_i^{max} = \max(x_1, x_2, \dots, x_{10})$ и $x_i^{min} = \min(x_1, x_2, \dots, x_{10})$ са съответно максималната и минимална стойност за критерий *j*.
Стъпка 3. Пресмятат се елементите на претеглената матрица *V*

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{15} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{10\,1} & v_{10\,2} & \dots & v_{10\,5} \end{bmatrix}$$

по формулата $v_{ij} = w_i t_{ij} + w_i$,
където t_{ij} е елемент на нормализираната матрица *N*, а w_i е тегловният коефициент на критерия (Таблица 20).
Стъпка 4. Определя се матрицата на приблизителната гранична област *G*. Приблизителната гранична област за всеки критерий се пресмята с помощта на израза $g_i = \prod_{j=1}^{10} v_{ij}^{\ 1/10}$, където v_{ij} е елемент на претеглената матрица *V*.

След пресмятане на стойностите g_i по критериите се формира матрицата на приблизителната гранична област *G* с размерност 5 x 1:

$$G = \begin{array}{c} \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_5 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & \dots & g_5 \end{bmatrix} \end{array}$$

Стъпка 5. Пресмятат се елементите на матрицата на алтернативното разстояние до приблизителната гранична област *Q*:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{15} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{25} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ q_{101} & q_{102} & \cdots & q_{10\,5} \end{bmatrix}.$$

Алтернативното разстояние до приблизителната гранична област q_{ij} се определя като разлика между елементите на претеглената матрица *V* и елементите на приблизителната гранична област *G*

Q = *V* – *G*

или:

$$Q = \begin{bmatrix} \nu_{11} - g_1 & \nu_{12} - g_2 & \cdots & \nu_{15} - g_5 \\ \nu_{21} - g_1 & \nu_{22} - g_2 & \cdots & \nu_{25} - g_5 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \nu_{10\,1} - g_1 & \nu_{10\,2} - g_2 & \cdots & \nu_{10\,5} - g_5 \end{bmatrix},$$

където g_i предствлява приблизителната гранична област на критерий C_i, а ν_{ij} е елемент на претеглената матрица *V*.

Нека G^+ е горната приблизителна област и представлява мястото, където е разположена идеалната алтернатива A^+, а G^- е долната приблизителна област и представлява мястото, където е разположена анти-идеалната алтернатива A^-.

Принадлежността на алтернатива A_i на приблизителната област (G, G^+или G^-) се определя според следния израз:

$$A_i \in \begin{cases} G^+ \text{, ако } q_{ij} > 0 \\ G \text{, ако } q_{ij} = 0 \\ G^- \text{, ако } q_{ij} < 0 \end{cases}$$

A_i би била най-добрата алтернатива от даденото множество алтернативи, ако принадлежи на горната приблизителна област G^+ на колкото е възможно повече критерии.

Стъпка 6. Ранкиране на алтернативите. Стойността на функцията на критериите за всяка една от алтернативите се получава като сума от разстоянието на алтернативите до приблизителната област:

$S_i = \sum_{j=1}^{5} q_{ij}$, *j* = 1, 2, … , 5, *i* = 1, 2, … , 10 (Таблица 27 и Таблица 28).

Получава се следната наредба: $A_6 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_8 \succ A_7 \succ A_{10} \succ A_9 \succ A_2 \succ A_1$, т.е. налице е пълно съвпадение с наредбата, получена по метода *SAW*.

Таблица 27. Нормализираната претеглена матрица V_{ij}
и граничната област G_j

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	0.445	0.534	0.356	0.134	0.111
A_2	0.534	0.445	0.356	0.200	0.100
A_3	0.490	0.445	0.267	0.267	0.122
A_4	0.490	0.445	0.356	0.267	0.089
A_5	0.490	0.267	0.490	0.134	0.100
A_6	0.445	0.267	0.534	0.134	0.134
A_7	0.267	0.356	0.267	0.134	0.111
A_8	0.356	0.445	0.356	0.200	0.067
A_9	0.490	0.445	0.445	0.200	0.122
A_{10}	0.490	0.445	0.490	0.267	0.111
G_j	0.442	0.400	0.381	0.186	0.105

Таблица 28. Матрицата на разстоянията Q_{ij}
и функцията на критериите S_i

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i
A_1	0.003	0.134	-0.025	-0.052	0.006	0.066
A_2	0.092	0.045	-0.025	0.015	-0.005	0.121
A_3	0.048	0.045	-0.114	0.081	0.017	0.077
A_4	0.048	0.045	-0.025	0.081	-0.016	0.133
A_5	0.048	-0.133	0.108	-0.052	-0.005	-0.034
A_6	0.003	-0.133	0.153	-0.052	0.028	-0.001
A_7	-0.175	-0.044	-0.114	-0.052	0.006	-0.379
A_8	-0.086	0.045	-0.025	0.015	-0.038	-0.090
A_9	0.048	0.045	0.064	0.015	0.017	0.188
A_{10}	0.048	0.045	0.108	0.081	0.006	0.288

III.9. Метод за комбинативна оценка на разстоянието (Combinative Distance-based Assessment, CODAS)

Първите три стъпки на метод CODAS повтарят стъпки от метод SAW – конструира се матрицата на алтернативите (Стъпка 1), осъществява се нормализация (Стъпки 5 и 6) и се пресмята претеглената и нормализирана матрица (Стъпка 7).

Стъпка 4. Определя се негативно-идеалното решение:

$ns = \left[ns_j\right]_{1 \text{ x } 5}$ и $ns_j = \min_i r_{ij}$

Стъпка 5. Пресмятат се евклидовото и манхатаново разстояние на алтернативите до негативно-идеалното решение както следва:

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{5} (r_{ij} - ns_j)^2}$$

Таблица 29. Нормализирана претеглена матрица R_{ij},
негативно идеално решение NS_j, евклидово разстояние E_i и манхатаново разстояние T_i до анти-идеалното решение

	C₁	*C₂*	*C₃*	*C₄*	*C₅*	E_i	T_i
A_1	0.191	0.267	0.114	0.019	0.048	0.288	0.496
A_2	0.267	0.191	0.114	0.076	0.038	0.293	0.544
A_3	0.229	0.191	0.038	0.134	0.057	0.274	0.505
A_4	0.229	0.191	0.114	0.134	0.029	0.281	0.553
A_5	0.229	0.038	0.229	0.019	0.038	0.271	0.410
A_6	0.191	0.038	0.267	0.019	0.067	0.281	0.439
A_7	0.038	0.114	0.038	0.019	0.048	0.085	0.114
A_8	0.114	0.191	0.114	0.076	0.010	0.195	0.362
A_9	0.229	0.191	0.191	0.076	0.057	0.297	0.601
A_{10}	0.229	0.191	0.229	0.134	0.048	0.333	0.687
NS_j	0.038	0.038	0.038	0.019	0.010		

$T_i = \sum_{j=1}^{5} |r_{ij} - ns_j|$ (Таблица 29).

Стъпка 6. Конструира се матрицата с относителните оценки на алтернативите

$$Ra = [h_{ik}]_{10 \times 10}$$
$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)),$$

където $k \in \{1, 2, \dots, 5\}$ и ψ означава прагова функция, която идентифицира равенство на евклидовите разстояния на две алтернативи и се дефинира по следния начин:

$$\psi(x) = \begin{cases} 1, \text{ако } |x| \geq \tau \\ 0, \text{ако } |x| < \tau \end{cases}.$$

Тук τ е прагов параметър и стойността му е 0.02. Ако разликата между евклидовите разстояния на две алтернативи е по-малка от τ, то тези алтернативи се сравняват чрез манхатаново разстояние.

Стъпка 7. Пресмята се оценката на всяка от алтернативите:

$$H_i = \sum_{k=1}^{5} h_{ik} \text{ (Таблица 30).}$$

Стъпка 8. Алтернативите се нареждат низходящо по стойността на оценките си (H_i):

$A_{10} \succ A_9 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_1 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_5 \succ A_8 \succ A_7$ ($r_S = 0.976$).

Таблица 30. Матрица на относителните оценки Ra и оценки на алтернативите H_i

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	H_i
0.000	-0.005	0.014	0.007	0.017	0.007	0.584	0.226	-0.009	-0.235	0.606
0.005	0.000	0.057	0.002	0.155	0.116	0.636	0.278	-0.062	-0.183	1.004
-0.014	-0.019	0.000	-0.007	0.003	-0.007	0.580	0.222	-0.119	-0.240	0.398
-0.007	-0.012	0.007	0.000	0.010	0.000	0.634	0.276	-0.017	-0.185	0.707
-0.017	-0.155	-0.003	-0.010	0.000	-0.010	0.482	0.123	-0.217	-0.338	-0.143
-0.007	-0.012	0.007	0.000	0.010	0.000	0.520	0.162	-0.017	-0.300	0.364
-0.584	-0.636	-0.580	-0.634	-0.482	-0.520	0.000	-0.358	-0.698	-0.819	-5.312
-0.226	-0.278	-0.222	-0.276	-0.123	-0.162	0.358	0.000	-0.340	-0.461	-1.731
0.009	0.005	0.119	0.017	0.217	0.017	0.698	0.340	0.000	-0.121	1.301
0.235	0.183	0.240	0.185	0.338	0.300	0.819	0.461	0.121	0.000	2.882

III.10. Многоцелева оптимизация чрез анализ на съотношения (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis, MOORA)

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на оценките (матрица на алтернативите *X*).

Стъпка 2. Нормализират се оценките:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{10} x_{ij}^2}}$$

Стъпка 3. Изчисляват се претеглените нормализирани оценки:

$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$.

Стъпка 4. Пресмятат се общите оценки, асоциирани с максимизиращите и минимизиращи критерии:

$S_i^+ = \sum_{j=1}^5 v_{ij} | j \in J^{max}$, където J^{max} се асоциира с максимизиращите критерии и

$S_i^- = \sum_{j=1}^5 v_{ij} | j \in J^{min}$, където J^{min} се асоциира с минимизиращите критерии.

Стъпка 5. Пресмята се общата оценка за производителността на алтернативите:

$S_i = S_i^+ - S_i^-$.

Стъпка 6. Алтернативите се сортират в намаляващ ред на оценките S_i, като алтернативите с по-голяма стойност на S_i получават по-голям приоритет (ранк). При определянето на най-подходящата алтернатива важи следното правило:

$A^* = \left\{A_i \middle| \max_i S_i\right\}, i = 1, 2, \dots, 10$ (Таблица 31).

Получава се наредба, съвпадаща с наредбата, получена с метода *SAW* ($r_S = 1.000$).

При MULTIMOORA в Стъпка 5 допълнително се пресмятат още два вида оценки на алтернативите (максимална еталонна точка и пълна мултипликативна форма). След определянето на трите наредби (според анализа на съотношенията, максималната еталонна точка и пълната мултипликативна форма) съгласно теорията за доминирането се пресмята окончателното ранкиране: $A_{10} \succ A_9 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1 \succ A_3 \succ A_6 \succ A_8 \succ A_5 \succ A_7$ ($r_S = 0.976$).

Таблица 31. Нормализирани претеглени оценки V_{ij}
и оценки на максимизиращите критерии S_i^+

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i^+
A_1	0.079	0.129	0.059	0.009	0.022	0.298
A_2	0.110	0.092	0.059	0.038	0.017	0.316
A_3	0.094	0.092	0.020	0.066	0.026	0.298
A_4	0.094	0.092	0.059	0.066	0.013	0.325
A_5	0.094	0.018	0.118	0.009	0.017	0.258
A_6	0.079	0.018	0.138	0.009	0.030	0.274
A_7	0.016	0.055	0.020	0.009	0.022	0.122
A_8	0.047	0.092	0.059	0.038	0.004	0.240
A_9	0.094	0.092	0.098	0.038	0.026	0.349
A_{10}	0.094	0.092	0.118	0.066	0.022	0.392

III.11. Метод за интерактивно и многокритериално вземане на решения (TODIM, акроним от Interactive and Multi-criteria Decision Making на португалски)

Стъпка 1. За всяко $k \in M$ се пресмята относителното тегло на критерий C_k спрямо еталонния критерий C_r по формулата $w_{kr} = \frac{w_k}{w_r}$.

Еталонен е критерият с максимално тегло, т. е. $w_r = \max_{l \in M} w_l$.

Стъпка 2. За всяко $i, j \in N$ и $k \in M$ се пресмята степента на доминиране на алтернативата A_i над алтернатива A_j по отношение на критерий C_k с помощта на следния израз:

$$\Phi_k(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\dfrac{w_{kr}(z_{ik} - z_{jk})}{\sum_{l=1}^{5} w_{lr}}}, & \text{ако } z_{ik} \geq z_{jk} \\ -\dfrac{1}{\theta}\sqrt{\dfrac{\sum_{l=1}^{5} w_{lr}(z_{jk} - z_{ik})}{w_{kr}}}, & \text{ако } z_{ik} < z_{jk} \end{cases},$$

където $\theta = 1$.

Стъпка 3. За всяко $i, j \in N$ се пресмята общата степен на доминиране на алтернативата A_i над алтернатива A_j:

$\Phi(A_i, A_j) = \sum_{k=1}^{5} \Phi_k(A_i, A_j)$, *i*, *j* = 1, 2, …, 10 (Таблица 32).

Стъпка 4. За всяко $i \in N$ се пресмята общата оценка на алтернатива A_i:

$\Phi(A_i) = \sum_{j=1}^{10} \Phi(A_i, A_j)$, *i*, *j* = 1, 2, … , 10.

Стъпка 5. За всяко $i \in N$ се пресмята нормализираната обща оценка на алтернатива A_i, като се използва следния израз: $\xi(A_i) = \frac{\Phi(A_i) - \min_{j \in N} \Phi(A_j)}{\max_{j \in N} \Phi(A_j) - \min_{j \in N} \Phi(A_j)}$.

Стъпка 6. Алтернативите се ранкират според стойностите на $\xi(A_i)$, като се получава следната наредба: $A_7 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_8 \succ A_6 \succ A_4 \succ A_{10} \succ A_9 \succ A_2 \succ A_1$. ($r_S = 0.733$). Разликата спрямо наредбата, получена по метода *SAW* се

Таблица 32. Степен на доминиране на алтернатива A_1 над останалите алтернативи A_j, $j = 2, \dots 10$.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	$\Phi(A_1, A_j)$
A_2	0.110	0.092	0.059	0.038	0.017	-1.2764
A_3	0.094	0.092	0.020	0.066	0.026	-2.3657
A_4	0.094	0.092	0.059	0.066	0.013	-1.5806
A_5	0.094	0.018	0.118	0.009	0.017	-0.5650
A_6	0.079	0.018	0.138	0.009	0.030	-1.6008
A_7	0.016	0.055	0.020	0.009	0.022	0.4225
A_8	0.047	0.092	0.059	0.038	0.004	-0.7356
A_9	0.094	0.092	0.098	0.038	0.026	-2.4891
A_{10}	0.094	0.092	0.118	0.066	0.022	-2.2026
					$\Phi(A_i)$	-12.3935

дължи на специфичния подход на TODIM, а именно оценяване на доминирането на алтернативите, последователно една по една, спрямо всички останали.

III.12. Оценка на алтернативи и ранкирането им спрямо компромисно решение (Measurement of Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution, MARCOS)

Стъпка 1. Създава се матрицата на алтернативите. Моделът на задачата съдържа *n* = 10 алтернативи и *m* = 5 критерия. В случай на групово вземане на решения, матриците на оценките на отделните експерти се агрегират в обща матрица на алтернативите.

Стъпка 2. Формира се разширена матрица на алтернативите. В тази стъпка към началната матрица се добавят още идеалното решение (*AI*) и анти-идеалното решение (*AAI*). Анти-идеалното решение (*AAI*) е най-лошата алтернатива, докато идеалното решение е алтернативата с най-добри характеристики. Според вида на критериите, *AAI* и *AI* се дефинират със съответните изрази:

$$AII = \min_i x_{ij}\text{, ако } j \in B \text{ и } \max_i x_{ij}\text{, ако } j \in C,$$

$$AI = \max_i x_{ij}\text{, ако } j \in B \text{ и } \min_i x_{ij}\text{, ако } j \in C,$$

където *B* представлява групата на максимизиращите критерии, а *C* е групата на минимизиращите критерии.

Стъпка 3. Нормализира се разширената начална матрица (*X*). Елементите на нормализираната матрица $N = [n_{ij}]_{10 \times 5}$ се получават с помощта на следните изрази:

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}}\text{, ако } j \in C$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}}\text{, ако } j \in B,$$

където x_{ij} и x_{ai} са елементи на мартица *X*.

Стъпка 4. Пресмята се претеглената матрица $V = [v_{ij}]_{10\times 5}$. За целта нормализираната матрица *N* се умножава с тегловния коефициент на критерия w_j съгласно израза:

$v_{ij} = n_{ij} \times w_j$.

Стъпка 5. Пресмята се степента на полезност на алтернативите K_i спрямо анти-идеалното и идеалното решение:

$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}}$ и $K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}}$,

където S_i е сума от елементите на претеглената матрица *V*:

$S_i = \sum_{j=1}^{5} v_{ij}$.

Стъпка 6. Определя се функцията на полезност на алтернативите $f(K_i)$. Функцията полезност е компромисът на наблюдаваната алтернатива по отношение на идеалното и анти-идеалното решение:

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}},$$

където $f(K_i^+)$ представлява функцията на полезност по отношение на анти-идеалното решение, а $f(K_i^-)$ е функцията на полезност по отношение на идеалното решение.

Функциите на полезност по отношение на идеалното и анти-идеалното решение се изчисляват чрез следните изрази:

$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-}$ и $f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-}$ (Таблица 33).

Стъпка 7. Ранкират се алтернативите, като по-висок ранк получават алтернативите с по-висока стойност на функцията на полезност:

$A_6 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_8 \succ A_7 \succ A_{10} \succ A_9 \succ A_2 \succ A_1$, т.е. налице е пълно съвпадение с наредбата, получена по метода *SAW*.

Таблица 33. Претеглена нормализирана матрица V_{ij}, S_i, степен на полезност на алтернативите спрямо анти-идеалното K_i^- и идеалното решение K_i^+, функции на полезност $f(K_i^-)$, $f(K_i^+)$ и $f(K_i)$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i
AAI	0.038	0.038	0.038	0.019	0.010	0.143
A_1	0.191	0.267	0.114	0.019	0.048	0.639
A_2	0.267	0.191	0.114	0.076	0.038	0.687
A_3	0.229	0.191	0.038	0.134	0.057	0.648
A_4	0.229	0.191	0.114	0.134	0.029	0.696
A_5	0.229	0.038	0.229	0.019	0.038	0.553
A_6	0.191	0.038	0.267	0.019	0.067	0.582
A_7	0.038	0.114	0.038	0.019	0.048	0.257
A_8	0.114	0.191	0.114	0.076	0.010	0.505
A_9	0.229	0.191	0.191	0.076	0.057	0.744
A_{10}	0.229	0.191	0.229	0.134	0.048	0.830
AI	0.267	0.267	0.267	0.134	0.067	1.001

	K_i^-	K_i^+	$f(K_i^-)$	$f(K_i^+)$	$f(K_i)$
A_1	4.467	0.638	0.125	0.875	0.627
A_2	4.800	0.686	0.125	0.875	0.674
A_3	4.533	0.648	0.125	0.875	0.636
A_4	4.867	0.695	0.125	0.875	0.683
A_5	3.867	0.552	0.125	0.875	0.543
A_6	4.067	0.581	0.125	0.875	0.571
A_7	1.800	0.257	0.125	0.875	0.253
A_8	3.533	0.505	0.125	0.875	0.496
A_9	5.200	0.743	0.125	0.875	0.730
A_{10}	5.800	0.829	0.125	0.875	0.814

III.13. Метод Диапазон от стойности (Range of Values, ROV)

Алгоритъмът стартира с въвеждане на стойностите на матрицата на алтернативите и нейното нормализиране:

Стъпка 1. Въвеждат се стойностите на матрицата на алтернативите *X*.

Стъпка 2. Нормализират се стойностите на матрицата на алтернативите:

а) за положителните критерии:

$r_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{min}}{x_i^{max}-x_i^{min}}$, *i* =1, …, 10, *j* = 1, …, 5,

б) за отрицателните критерии:

$r_{ij} = \frac{x_{ij}-x_i^{max}}{x_i^{min}-x_i^{max}}$, *i* =1, …, 10, *j* = 1, …, 5,

където $x_i^{max} = \max(x_1, x_2, \dots, x_{10})$ и $x_i^{min} = \min(x_1, x_2, \dots, x_{10})$ са съответно максималната и минимална стойност за критерий *j*.

Стъпка 3. Пресмятат се максимизиращата и минимизираща функция на полезност:

$u_i^+ = \sum_{j=1}^{5} r_{ij} \cdot w_j$; $u_i^- = \sum_{j=1}^{5} r_{ij} \cdot w_j$,

където $w_j, j = 1, 2, \dots, 5$ са тегловните коефициенти, като $\sum_{j=1}^{5} w_j = 1, w_j > 0$.

Стъпка 4. Крайните оценки на алтернативите се пресмятат по формулата:

$u_i = u_i^+ + u_i^-$.

Получава се следната наредба: $A_6 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_8 \succ A_7 \succ A_{10} \succ A_9 \succ A_2 \succ A_1$ ($r_S = 0.988$). Налице е минимално разминаване спрямо наредбата, получена с метода *SAW*, като причина за това е специфичния метод за нормализация (Стъпка 2), предпочетен от авторите на метода *ROV*.

В Стъпка VI на предложената методика анализираме резултатите от сравнението на десет облачни платформи, получени с четиринадесетте метода за МКА (Приложение, Таблица 2). Относителните тегла на критериите, пресметнати в Стъпка IV на методиката са следните: w_{C1} (Споделяне на файлове) = w_{C2} (Синхронизация) = w_{C3} (Производителност) = 0.267, w_{C4} (Сигурност) = 0.136, w_{C5} (Техническа поддръжка) = 0.067.

С цел съпоставимост на получените тринадесет наредби, се пресмята тяхната рангова корелация спрямо възприетата за еталонна наредба (тази, получена чрез класическия метод SAW). Резултатите показват, че при зададените потребителски предпочитания към относителните тегла на атрибутите, пет платформи се класират по един и същ начин по шест метода (SAW, COPRAS, EDAS, MABAC, MOORA, MARCOS): $A_6 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_8$. При два от методите, ROV и CODAS, в Топ 5 попадат същите пет облачните платформи, като са налице минимални различия в класирането, съответно една и две разменени на позиции. Общото при Топ 5 на групата методи ARAS, WASPAS, MULTIMOORA и TODIM е, че то се различава само с по една алтернатива от еталонното множество (A_3, A_4, A_5, A_6, A_8). В половината от получените наредби (SAW, COPRAS, EDAS, MABAC, MOORA, MARCOS, ROV) лидер е A_6 (Google Drive). A_5 (OneDrive) е в челната тройка на 12 от четиринадесетте наредби, като заема три пъти първо и два пъти трето място в класацията. Последна в челната тройка е A_4 (MEGA) с 10 втори места. Доброто позициониране на MEGA се дължи на комплексните характеристики на платформата – стабилност при мрежови натоварвания и поверителност и сигурност на данните, гарантирани със специален алгоритъм за криптирането им. Крайното решение за избор на платформа за облачно съхранение се взема от ЛВР, като се отчитат и допълнителни фактори според спецификата на конкретната организация.

Предимствата на предложената методика са, че тя е ефективна, има относително ниска изчислителна сложност и е лесна за употреба. Предложеният набор от алгоритми за МКА може да бъде полезен за различните заинтересовани страни при оценката на облачни технологии, например софтуерни архитекти, анализатори, проектанти, разработчици, дизайнери, тестери, консултанти и мениджъри във фирми, доставчици на платформи за големи данни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Облачните технологии разкриват нови възможности, но и поставят сериозни предизвикателства пред бизнеса по повод достъпността, скоростта за обработка и сигурността на фирмената информация. Облачните услуги намират многобройни приложения в интелигентните фабрики, Интернет маркетинга, застрахователния бизнес.

Ползите от прилагането на облачните услуги са многостранни, тъй като те улесняват споделянето на данни, подобряват фирмените показатели за ефективност, усъвършенстват процеса на вземане на управленски решения и повишават фирмената конкурентоспособност.

Процесът на избор на облачна технология зависи от множество фактори, свързани с бизнес модела на организацията и особеностите на заобикалящата я среда и представлява по същество многокритериална задача. Неточните, непълни и бързо променящи се характеристики на сравняваните алтернативи често правят точните пресмятания невъзможни и логично се стига до идеята за вземане на решения на основата на размити оценки.

Предложената методика за оценка и подреждане на алтернативи по набор от критерии решава успешно основните проблеми при многокритериалния избор на облачна технология:

- подбор на сравняваните алтернативи;
- избор на подходяща критериална система;
- селекция на алгоритми за сравнение на критериите с цел определяне на относителните им тегла;
- набор от алгоритми за наредба на алтернативите по критериите според предпочитанията на екип от експерти при точни или размити оценки.

В методиката се прилагат разнообразни методи за многокритериален анализ със сравнително ниска изчислителна сложност. Валидността и приложимостта на предложената методика за избор на облачна технология е доказана с практически пример.

В бъдеще предложеният механизъм за наредба на сравнявани облачни алтернативи ще бъде разширен, за да се справи с несигурността на оценките чрез по-сложни типове размити числа. Изследванията ще продължат и като се работи по създаването на нови алгоритми за многокритериален анализ чрез усъвършенствани варианти на класическите размити числа.

* * *

ОБЛАЧНИ ТЕХНОЛОГИИ: МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ИЗБОР

(Резюме)

Проблемът за избора на подходяща облачна услуга е особено актуален във връзка с ускоряването на цифровата трансформация и промените, настъпили напоследък в бизнес моделите, а именно – работа от разстояние и преход от традиционна към електронна търговия.

Изследването стартира с обширен обзор на еволюцията на информационните технологии, като са очертани актуалното състояние на изчислителната инфраструктура и основните проблеми пред дигитализацията на икономиката и обществото. Независимо от активизацията на усилията за изпълнение на Европейската политика по отношение на цифровизацията, нашата страна все още изостава в приложението на цифровите технологии в сравнение с развитите страни.

Анализът и сравнението на разнообразни модели за доставка на облачни услуги показва, че техните възможности се усъвършенстват постоянно и на практика днес те предлагат еквивалент на всяка функция на конвенционалната ИТ инфраструктура от разстояние, чрез Интернет, при гъвкав модел на заплащане – според потреблението. Предприятията все по-често се ориентират към облачните технологии, за да създадат отказоустойчиви системи с гарантиран достъп за служителите, работещи от разстояние при подобрена информационната сигурност.

Предложена е методика за размито групово вземане на решения при неточни оценки на сравняваните алтернативи, комбинираща шест метода за определяне на тегловни коефициенти и тринадесет метода за многокритериален анализ. Новата методика за групов многокритериален избор е апробирана като чрез нея се избира доставчик на специфична инфраструктура като услуга. За целта се сравняват десет платформи за съхранение на данни в облака по следните пет критерия: C_1 – Споделяне на файлове, C_2 – Синхронизация, C_3 – Производителност, C_4 – Сигурност и C_5 – Техническа поддръжка.

Получените резултати показват ефективността на новата методика, а нейното приложение в практиката може да допринесе за цялостната ефективност на организациите.

CLOUD TECHNOLOGIES: MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS

(Summary)

The problem selecting a suitable cloud service is especially relevant now – in the context of an accelerating digital transformation and the changes that have occurred recently – distance work and the transition from traditional to e-commerce.

The study starts with an extensive overview of the evolution of information technologies outlining the state-of-the art in computing infrastructure and the problems facing the digitalization of economy and society. Despite the efforts in implementation of the European policy regarding digitalization, our country lags behind in the implementation of digital technologies compared to developed countries.

The analysis and comparison of various models of cloud services shows that their capabilities are constantly improved and offer an online equivalent of any function of conventional IT infrastructure, with a flexible payment model – usage-based payment. Nowadays, enterprises often focus on cloud technologies in order to create fault-tolerant systems with guaranteed access for employees working remotely in a secure environment.

In order to overcome the subjectivism in cloud service selection, the author proposes a methodology for fuzzy group decision-making with fuzzy evaluations of the compared alternatives with six methods for determining weights and thirteen methods for multi-criteria analysis. The new methodology for group multi-criteria selection is validated via analysis of providers of cloud infrastructure as a service. For this purpose, ten platforms for data storage in the cloud are compared according to the following five criteria: C_1 – File Sharing, C_2 – Synchronization, C_3 – Production, C_4 – Security and C_5 – Technical support.

The obtained results show the effectiveness of the new methodology, and its implementation in practice can contribute to the overall effectiveness of organizations.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Тегловни коефициенти на критериите за сравнение
на облачни платформи и относителни грешки спрямо еталонните стойности

	AHP	DEMATEL	SWARA	Метод на ентропията	BWM	FUCOM	fFUCOM
w_1	0.267	0.267	0.243	0.263	0.267	0.267	0.263
w_2	0.267	0.267	0.243	0.263	0.267	0.267	0.269
w_3	0.267	0.267	0.243	0.266	0.267	0.267	0.262
w_4	0.133	0.133	0.162	0.134	0.133	0.133	0.136
w_5	0.067	0.067	0.108	0.073	0.067	0.067	0.070

Таблица 1. Тегловни коефициенти на критериите за сравнение
на облачни платформи и относителни грешки спрямо еталонните стойности
– продължение

	$\Delta_{DEMATEL}$ (%)=Δ_{BWM} (%)=Δ_{FUCOM} (%)	Δ_{SWARA} (%)	$\Delta_{\text{Метод на ентропията}}$ (%)	Δ_{fFUCOM} (%)
w_1	0.0%	9.6%	1.4%	1.4%
w_2	0.0%	9.6%	1.4%	0.9%
w_3	0.0%	9.6%	0.3%	1.8%
w_4	0.0%	17.8%	0.5%	2.0%
w_5	0.0%	38.3%	8.7%	4.8%

Таблица 2. Оценки и наредби на облачните платформи,
коефициенти на корелация спрямо еталонната наредба (SAW)

	SAW		*VIKOR*		*COPRAS*		*ARAS*	
	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
A_1	0.639	6	0.250	3	0.639	6	0.693	7
A_2	0.687	4	0.313	4	0.687	4	0.736	5
A_3	0.648	5	0.813	9	0.648	5	0.635	8
A_4	0.696	3	0.425	5	0.696	3	0.754	4
A_5	0.553	8	0.588	7	0.553	8	0.734	6
A_6	0.582	7	0.625	8	0.582	7	0.809	3
A_7	0.257	10	1.000	10	0.257	10	0.281	10
A_8	0.505	9	0.475	6	0.505	9	0.580	9
A_9	0.744	2	0.038	1	0.744	2	0.876	2
A_{10}	0.830	1	0.175	2	0.830	1	1.000	1
		r_S		0.745		1.000		0.806

Таблица 2. Оценки и наредби на облачните платформи,
коефициенти на корелация спрямо еталонната наредба (SAW) – продължение

	SAW		*TOPSIS*		*WASPAS*		*EDAS*	
	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
A_1	0.639	6	0.626	3	0.594	5	0.676	6
A_2	0.687	4	0.584	4	0.669	4	0.590	4
A_3	0.648	5	0.437	9	0.582	6	0.333	5
A_4	0.696	3	0.524	7	0.679	3	0.539	3
A_5	0.553	8	0.549	6	0.480	9	0.693	8
A_6	0.582	7	0.552	5	0.500	7	0.800	7
A_7	0.257	10	0.288	10	0.235	10	0.000	10
A_8	0.505	9	0.467	8	0.490	8	0.422	9
A_9	0.744	2	0.672	1	0.740	2	0.808	2
A_{10}	0.830	1	0.663	2	0.826	1	0.965	1
		r_S		0.685		0.976		1.000

Таблица 2. Оценки и наредби на облачните платформи,
коефициент на корелация спрямо еталонната наредба – продължение

	MABAC		*CODAS*		*MOORA*		*MULTI-MOORA*	
	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
A_1	0.066	6	0.606	5	0.298	6	15	5
A_2	0.121	4	1.004	3	0.316	4	12	4
A_3	0.077	5	0.398	6	0.298	5	19	6
A_4	0.133	3	0.707	4	0.325	3	11	3
A_5	-0.034	8	-0.143	8	0.258	8	24	9
A_6	-0.001	7	0.364	7	0.274	7	22	7
A_7	-0.379	10	-5.312	10	0.122	10	30	10
A_8	-0.090	9	-1.731	9	0.240	9	23	8
A_9	0.188	2	1.301	2	0.349	2	6	2
A_{10}	0.288	1	2.882	1	0.392	1	3	1
r_S		1.000		0.976		1.000		0.976

Таблица 2. Оценки и наредби на облачните платформи, коефициент на корелация спрямо еталонната наредба – продължение

	TODIM		*MARCOS*		*ROV*	
	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
A_1	0.435	7	0.627	6	0.578	6
A_2	0.595	5	0.674	4	0.622	3
A_3	0.971	3	0.636	5	0.600	5
A_4	0.426	8	0.683	3	0.622	4
A_5	0.460	6	0.543	8	0.467	8
A_6	0.605	4	0.571	7	0.533	7
A_7	0.000	10	0.253	10	0.133	10
A_8	0.034	9	0.496	9	0.378	9
A_9	1.000	2	0.730	2	0.711	2
A_{10}	1.156	1	0.814	1	0.800	1
r_S	0.733		1.000		0.988	

БИБЛИОГРАФИЯ

1. [Alabool и др. 2018] Alabool, H., Kamil, A., Arshad, N., Alarabiat, D. (2018). Cloud service evaluation method-based Multi-Criteria Decision-Making: A systematic literature review. Journal of Systems and Software, Vol. 139, pp. 161-188.
2. [Aljabre 2012] Aljabre, A. (2012). Cloud computing for increased business value. International Journal of Business and Social Science, Vol. 3, No. 1, pp. 234-239.
3. [Apiletti и Forno 2014] Apiletti D., Forno F. (2014). Desidoo, a Big-Data Application to Join the Online and Real-World Marketplaces. In: Catania B. et al. (eds) New Trends in Databases and Information Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol 241, pp. 169-175. DOI: 10.1007/978-3-319-01863-8_19
4. [Bardsiri и Mohsen 2014]. Bardsiri, A. K., & Mohsen, S. (2014). QoS metrics for cloud computing services evaluation. International Journal of Intelligent Systems and Applications, 12, 27-33.
5. [Božanić и др. 2016] Božanić, D., Pamučar, D., Karović, S. (2016). Application the MABAC method in support of decision-making on the use of force in defensive operation. Tehnika, Vol. 71, Issue 1, pp. 129-136.
6. [Brauers и Zavadskas 2006] Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in transition economy. Control and Cybernetics, Vol. 35, No. 2, pp. 443-468.
7. [Brauers и Zavadskas 2010] Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. Technological and Economic Development of Economy, Vol. 16, No. 1, pp. 5-24.
8. [Brauers и др. 2011] Brauers, W. K. M., Baležentis, A., Baležentis, T. (2011). MULTIMOORA for the EU member States updated with fuzzy number theory. Technological and Economic Development of Economy, Vol. 17, No. 2, pp. 259-290.
9. [Chakraborty и Zavadskas 2014] Chakraborty, S., Zavadskas, E. K. (2014). Applications of WASPAS Method in Manufacturing Decision Making. Informatica, Vol. 25, No. 1, pp. 1-20. doi: 10.15388/Informatica.2014.01
10. [Chen и др. 2012] Chen, H., Chiang, R., Storey, V. (2012) Business intelligence and analytics: from big data to big impact. MIS Quarterly, Vol. 36, No. 4, pp. 1165-1188.

11. [Chen и др. 2014] Chen M., Mao S., Liu Y. (2014) Big data: a survey. Mobile Networks and Applications, Vol. 19, No. 2, pp. 171-209. DOI: 10.1007/s11036-013-0489-0
12. [Chen и Zhang 2014] Chen C. L. P., Zhang C.-Y. (2014) Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: a survey on big data. Information Sciences. Vol. 275, pp. 314-347. DOI: 10.1016/j.ins.2014.01.015
13. [Fahmideh и Beydoun 2019] Fahmideh, M., Beydoun, G. (2019). Big data analytics architecture design – An application in manufacturing systems. Computers & Industrial Engineering, Vol. 128, pp. 948-963.
14. [Farshidi и др. 2018] Farshidi, S., Jansen, S., de Jong, R., & Brinkkemper, S. (2018). A decision support system for cloud service provider selection problem in software producing organizations. In IEEE 20th Conference on Business Informatics, pp. 139-148.
15. [Gabus and Fontela 1973] Gabus, A, Fontela, E. (1973). Perceptions of the world problematique: Communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility (DEMATEL report no. 1). Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, Geneva.
16. [Gartner 2015] Gartner (2015). Gartner says business intelligence and analytics leaders must focus on mindsets and culture to kick start advanced analytics. http://www.gartner.com/newsroom/id/3130017 Посетен на 31.03.2020 г.
17. [Gartner 2019] Gartner (2019). Cloud Computing, Gartner IT Glossary. https://www.gartner.com/it-glossary/cloud-computing Посетен на 31.03.2020 г.
18. [Goasduff 2015] Goasduff L. (2015). Getting started with advanced analytics is as much about changing mindset and culture as it is about tools and skills, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/taking-a-first-step-to-advanced-analytics/ Посетен на 31.03.2020 г.
19. [Gomes и Lima 1991] Gomes, L. F. A. M., Lima, M. M. P. P. (1991). TODIM: Basics and application of multi-criteria ranking of projects with environmental impacts. Foundation of Computing and Decision Science, Vol. 16, pp. 113-127.
20. [Guo и Zhao 2017] Guo, S., Zhao, H. (2017). Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. Knowledge-Based Systems, Vol. 121, 2017, pp. 23-31.
21. [Hu и др. 2015] Hu L., Lin K., Hassan M., Alamri A., Alelaiwi A. (2015). CFSF: On cloud-based recommendation for large-scale ecommerce. Mobile Networks and Applications, Vol. 20, Issue 3, pp. 380-390. DOI: 10.1007/s11036-014-0560-5

22. [Hwang и Yoon 1981] Hwang C. L., Yoon K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications: a state-of-the-art survey. Vol. 13. 1981: Springer-Verlag, Berlin, 259 p.
23. [Iafrate 2014] Iafrate F. (2014). A journey from big data to smart data. Digital Enterprise Design & Management. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 261, pp. 25-33. DOI: 10.1007/978-3-319-04313-5_3
24. [Ilieva 2011] Ilieva, G. 2011. Decision Making Methods in Agent Based Modeling. In: Proc. of the Workshop on Applications of Software Agents, CEUR Workshop Proceedings, Vol. 752, p. 8-17, ISBN 978-86-7031-188-6
25. [Ilieva 2016] Ilieva G. (2016). TOPSIS modification with interval type-2 fuzzy numbers. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 16, No. 2, pp. 60-68, ISSN 1311-9702
26. [Ilieva 2017] Ilieva G. (2017). Group decision analysis with interval type-2 fuzzy numbers. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 17, No. 1, pp. 31-44, ISSN 1311-9702
27. [Ilieva 2018] Ilieva G. (2018). Group decision analysis algorithms with EDAS for interval fuzzy sets. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 18, No. 2, pp. 51-64 ISSN 1311-9702
28. [Ilieva 2019] Ilieva, G. (2019). Decision analysis for big data platform selection. Engineering Sciences, Vol. LVI, No. 2, pp. 5-18
29. [Ilieva 2020] Ilieva, G. (2020). Fuzzy Group Full Consistency Method for Weight Determination. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 20, No. 2, pp. 50-58 ISSN 1311-9702
30. [Ilieva и Yankova 2020] Ilieva, G., Yankova, T. (2020). Early Multi-criteria Detection of Students at Risk of Failure. TEM Journal, Vol. 9, No. 1, pp. 344-350, ISSN 2217-8309
31. [Ilieva и др. 2015] Ilieva, G., Yankova, T., Klisarova-Belcheva, S. (2015). Cloud business intelligence: Contemporary learning opportunities in MIS training. In CEUR Workshop Proceedings of the 7th Balkan Conference in Informatics, 1427, pp. 25-32
32. [Ilieva и др. 2018] Ilieva G., Yankova T., Klisarova-Belcheva S. (2018). Decision analysis with classic and fuzzy EDAS modifications. Computational and Applied Mathematics, Vol. 37, No. 5, pp. 5650-5680 ISSN 22383603
33. [Ilieva и др. 2020] Ilieva, G., Yankova, T., Hadjieva, V., Doneva, V., Totkov, G. (2020). Cloud service selection as a fuzzy MCDM problem. TEM Journal, Vol. 9, No. 2, pp. 484-495. ISSN 2217-8309
34. [Jaiswal и Mishra 2017] Jaiswal A., Mishra R. B. (2017). Cloud service selection using TOPSIS and fuzzy TOPSIS with AHP and ANP. In: ACM International Conference Proceeding Series, pp. 136-142, ISBN 978-14503-4828-7

35. [Kavis 2014] Kavis M. (2014). Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS). Wiley, ISBN-13: 978-1118617618, ISBN-10: 1118617614, 229 p.
36. [Kepes 2012] Kepes B. (2012). Cloudonomics - the economics of cloud computing. https://docplayer.net/5121129-Cloudonomics-the-economics-of-cloud-computing.html Посетен на 31.03.2020 г.
37. [Kersuliene и др. 2010] Kersuliene, V., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step - wise weight assessment ratio analysis (SWARA). Journal of Business Economics and Management, Vol. 11, No. 2, pp. 243-258.
38. [Keshavarz Ghorabaee и др. 2015] Keshavarz Ghorabaee, M. K., Zavadskas, E. K., Olftat L., Turslis, Z., (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). Informatica, Vol. 26, No. 3, pp. 435-451.
39. [Keshavarz Ghorabaee и др. 2016] Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. (2016). A New Combinative Distance-based Assessment (CODAS) Method for Multi-Criteria Decision-Making. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, Vol. 50, Issue 3, pp. 25-44.
40. [Köksalan и др. 2013] Köksalan, M., Wallenius, J., Zionts, S. (2013). An Early History of Multiple Criteria Decision Making. Journal of Multi-criteria Decision Analysis, Vol. 20, Issue1-2, pp. 87-94. doi: 10.1002/mcda.1481
41. [Krishankumar и др. 2017] Krishankumar R., Arvinda S. R., Amrutha A., Premaladha J., Ravichandran K. S. (2017). A decision making framework under intuitionistic fuzzy environment for solving cloud vendor selection problem. In: International Conference on Networks and Advances in Computational Technologies, NetACT 2017, 8076756, pp. 140-144, ISBN 978-1-5090-6591-2
42. [Kumar и др. 2017] Kumar, R. R., Mishra, S., & Kumar, C. (2017). Prioritizing the solution of cloud service selection using integrated MCDM methods under fuzzy environment. Journal of Supercomputing, Vol. 73, pp. 4652-4682.
43. [Laney 2001] Laney D. (2001). 3D data management: controlling data volume, velocity and variety. Application Delivery Strategies, Meta Group, No. 949. https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf
44. [Laudon и Laudon 2016] Laudon K., Laudon, J. (2016). Management Information Systems. Managing the Digital Firm. Pearson, 14th edition.

45. [Leibowitz и др. 2012] Leibowitz J., Ungerman K., Masri M. (2012). Know your customers wherever they are. Harvard Business Review, https://hbr.org/2012/10/know-your-customers-wherever-t
46. [Lukicheva и Semenovich 2019] Lukicheva T., Semenovich N. (2019). Big Data as a success factor of AliExpress in the Russian market: advantages and opportunities as seen by the eyes of consumers. In: Proc. of Third International Economic Symposium (IES 2018), pp. 74-82, ISBN: 978-94-6252-847-5
47. [Manyika и др. 2011] Manyika J., Chui M., Brown B., Bughin J., Dobbs R., Roxburgh C., Byers A. (2011). Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation
48. [Mardani и др. 2015] Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Techniques and Applications – Two Decades Review from 1994 to 2014. Expert Systems with Applications, Vol. 42, Issue 8, pp. 4126-4148. doi: 10.1016/j.eswa.2015.01.003
49. [Misra и Mondal 2011] Misra S. C., Mondal A. (2011). Identification of a company's suitability for the adoption of cloud computing and modelling its corresponding Return on Investment. Mathematical and Computer Modelling, Vol. 53, No. 3-4, pp. 504-521.
50. [Nawaz et al. 2018] Nawaz F., Asadabadi M. R., Janjua N. K., Hussain O. K. , Chang E., Saberi M. (2018). An MCDM method for cloud service selection using a Markov chain and the best-worst method. Knowledge Based Systems, Vol. 159, pp. 120-131, ISSN 0950-7051
51. [Opricovic 2011] Opricovic, S., (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. Expert Systems with Applications, Vol. 38, Issue 10, pp. 12983-12990. doi: 10.1016/j.eswa.2011.04.097
52. [Opricovic и Tzeng 2004] Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational research, Vol. 156, No. 2, pp. 445-455.
53. [Pamučar и Ćirović 2015] Pamučar, D., Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attribute Border Approximation area Comparison (MABAC). Expert Systems and Applications, Vol. 42, pp. 3016-3028.
54. [Pamučar и др. 2018] Pamučar, D., Stević, Ž., Sremac, S. (2018). New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM). Symmetry, Vol. 10, No. 9, paper 393. doi: 10.3390/sym10090393

55. [Podvezko 2011] Podvezko, V. (2011). The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS. Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, Vol. 22, No. 2, pp. 134-146.
56. [Popchev и Orozova 2019] Popchev, I., Orozova, D. (2019). Towards Big Data Analytics in the e-Learning Space. Cybernetics and Information Technologies, Vol. 19, No. 3, pp. 16-24.
57. [Popchev и Radeva 2019] Popchev, I., Radeva, I. (2019). Risk Analysis – an Instrument for Technology Selection. Engineering Sciences, Vol. LVI, No. 4, pp. 5-20.
58. [Ravanello и др. 2014] Ravanello, A., Desharnais, J., Villalpando, L. E. B., April, A., Gherbi, A. (2014). Performance measurement for cloud computing applications using ISO 25010 standard characteristics. Joint Conference of the International Workshop on Software Measurement and the International Conference on Software Process and Product Measurement, pp. 41-49.
59. [Rayna и др. 2015] Rayna T., Darligton J., Striukova L. (2015). Pricing music using personal data: mutually advantageous first-degree price discrimination. Electronic Markets. Vol. 25, Issue 2, pp. 139-154. DOI:10.1007/s12525-014-0165-7
60. [Rezaei 2015] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, Vol. 53, pp. 49-57. doi: 10.1016/j.omega.2014.11.009
61. [Saaty 2008] Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas. Vol. 102, Issue 2, pp. 251-318 doi:10.1007/BF03191825
62. [Şener и др. 2017] Şener U., Gökalp E., & Eren P. E. (2017). ClouDSS: A decision support system for cloud service selection. In Pham C., Altmann J., Bañares J. (eds.) Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services. Lecture Notes in Computer Science, 10537, pp. 249-261.
63. [Sohaib и др. 2019] Sohaib, O., Naderpour, M, Hussain, W., Martinez, L. (2019). Cloud computing model selection for e-commerce enterprises using a new 2-tuple fuzzy linguistic decision-making method. Computers and Industrial Engineering, Vol. 132, pp. 47-58.
64. [Stević и др. 2020] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution (MARCOS). Computers & Industrial Engineering, Vol. 140, 106231. doi: 10.1016/j.cie.2019.106231
65. [Strauss и Frost 2001] Strauss J., Frost R. (2001). E-marketing. Prentice-Hall, Upper Saddle River.

66. [Sun и др. 2014] Sun, L., Dong, H., Hussain, F. K., Hussain, O. K., & Chang, E. (2014). Cloud service selection: State-of-the-art and future research directions. Journal of Network and Computer Applications, Vol. 45, pp. 134-150.
67. [Sun и др. 2016] Sun, L., Ma J., Zhang Y., Dong H., Hussain F. K. (2016). Cloud-FuSeR: Fuzzy ontology and MCDM based cloud service selection. Future Generation Computer Systems, Vol. 57, pp. 42-55, ISSN 0167-739X
68. [u. Rehman и др. 2011] u. Rehman, Z., Hussain, F. K., Hussain, O. K. (2011). Towards multi-criteria cloud service selection. In Fifth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 44-48.
69. [Upadhyay 2017] Upadhyay N. (2017). Managing Cloud Service Evaluation and Selection. Procedia Computer Science, Vol. 122, pp. 1061-1068, ISSN 1877-0509
70. [Vafaei и др. 2016] Vafaei, N., Ribeiro, R. A., Camarinha-Matos, L. (2016). Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study. Technological Innovation for Cyber-Physical Systems, IFIP AICT series 470/2016, Springer, pp. 261-269. doi: 10.1007/978-3-319-31165-4_26
71. [Velasquez и Hester 2013] Velasquez, M., Hester, P. T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. International Journal of Operations Research, Vol. 10, No. 2, pp. 56-66.
72. [Vidhyalakshmi и Kumar 2016] Vidhyalakshmi, R., Kumar, V. (2016). Determinants of cloud computing adoption by SMEs. International Journal of Business Information Systems, Vol. 22, No. 3, pp. 375-395.
73. [Wamba и др. 2015] Wamba S., Akter S., Edwards A., Chopin G., Gnanzou D. (2015). How ‘big data’ can make big impact: findings from a systematic review and a longitudinal case study. International Journal of Production Economics, Vol. 165, pp. 234-246.
74. [Waschke 2015] Waschke M. (2015). How clouds hold IT together: Integrating architecture with cloud deployment. Apress, Berkeley, CA, 373 p.
75. [Westerman и др. 2014] Westerman G., Bonnet D., McAfee A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation. Sloan MIT Management Review. https://sloanreview.mit.edu/article/the-nine-elements-of-digital-transformation/
76. [Williams 2010] Williams M. (2010). A Quick Start Guide to Cloud Computing: Moving Your Business into the Cloud. ISBN 978-0-7494-6130-0, e–ISBN 978-0-7494-6131-7, 140 p.

77. [Wu и др. 2011] Wu, J., Sun, J., Liang, L., Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 5, pp. 5162-5165.
78. [Yakowitz и др. 1993] Yakowitz, D. S., Lane, L. J., Szidarovszky, F. (1993). Multi-attribute decision making: dominance with respect to an importance order of the attributes. Applied Mathematics and Computation, Vol. 54, No. 2-3, pp. 167-181.
79. [Yang и др. 2015] Yang Q., Hu X., Cheng Z., Miao K., Zheng X. (2015). Based big data analysis of fraud detection for online transaction orders. Cloud Computing Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol. 142, pp. 98-106.
80. [Yeoh и Baron 2019] Yeoh J., Baron H. (2019). The Impact of Cloud on ERP. Cloud Security Alliance, 23 p., 11.01.2019, https://cloudsecurityalliance.org/artifacts/enterprise-resource-planning-security-in-the-cloud/ Посетен на 31.03.2020 г.
81. [Yoon 1987] Yoon, K. (1987). A reconciliation among discrete compromise solutions. Journal of the Operational Research Society, Vol. 38, Issue 3, pp. 277-286
82. [Zavadskas и Kaklauskas 1996] Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. (1996). Multicriteria Evaluation of Building (Pastatų sistemotechninis įvertinimas). Vilnius: Technika, Vol. 296.
83. [Zavadskas и Turskis 2010] Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. Technological and Economic Development of Economy, Vol. 16, No. 2, pp. 159-172.
84. [Zhao и Guo 2014] Zhao, H., Guo, S. (2014). Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability. Sustainability, Vol. 6, No. 1, pp. 217-235.
85. [Ананченко 2015] Ананченко И. В. (2015). Облачные технологии в высшем образовании. Современные наукоемкие технологии, № 5, с. 48-52.
86. [Ананченко и Шапаренко 2015] Ананченко И., Шапаренко Ю. (2015). Современные компьютерные системы контроля знаний учащихся. Символ науки, № 6, с. 250-252.
87. [Ангелов и др. 2020] Ангелов, Д., Илиева, Г., Янкова, Т. (2020). Анализ на конкурентоспособността на българската икономика. Юбилейна международна конференция „Икономическа и социална [дез]интеграция“, юни 2019, Пловдив, под печат.
88. [Василева 2008] Василева, М. (2008). Размити множества. Теория и практика. Шумен, 132 стр. ISBN 978-954-9681-33-8.

89. [Велев и др. 2008] Велев Д., Мурджева, Ал., Палазов, А., Кисимов, В., Лазарова, В., Дановски, Д., Петров, Д., Денчев, Е., Желязков, Ж., Стефанова, К., Цанева, М., Кирилов, Р., Стоянова, Ст. (2008). Информатика и информационни системи. Авангард Прима, 323 стр. ISBN 978-954-323-369-4
90. [Манев и др. 2017] Манев, К., Асенова, П., Ланджев, И., Иванов, М. и др. (2017). Основи на информатиката. Нов български университет, 494 стр. ISBN 978-954-535-983-5
91. [Руденко и Грибанов 2019] Руденко М. Н., Грибанов Ю. И. (2019). Тенденции цифровизации и сервисизации зкономики. Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. № 2(40), с. 5-8.
92. [Тотков и др. 2014] Тотков Г., Донева, Р., Гафтанджиева, С., Касъклиев, Н., Хаджиколев, Е., Хаджиколева, С., Даскалов, Г., Алендарова, Е., Близнаков, М., Десев, Д. (2014) Стандартизиране и интегриране на разнотипни информационни университетски системи. Ракурси, Пловдив, ISBN 978-954-8852-49-4.

Онлайн източници

93. [.digicompLead 2018] .digicompLead: Дигиталната трансформация като мотор на растежа. http://cio.bg/9817_digicomplead_digitalnata_transformaciya_kato_motor_na_rastezha&ref=cat
94. [Amazon 2020] Amazon S3 Object storage built to store and retrieve any amount of data from anywhere. https://aws.amazon.com/s3/
95. [AWS 2020] AWS Simple monthly calculator. https://calculator.s3.amazonaws.com/index.html
96. [Azure 2020] Pricing calculator Configure and estimate the costs for Azure products. https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator
97. [CIO 2019] CIO Media (2019). 8% of Bulgarian companies buy cloud services.
98. https://www.cio.bg/oblachni_tehnologii/2019/06/06/3921716_8_ot_bulgarskite_kompanii_kupuvat_oblachni_uslugi/
99. [CCSMD 2014] Cloud Computing Service Metrics Description. 2014 https://www.nist.gov/system/files/documents/itl/cloud/RATAX-CloudServiceMetricsDescription-DRAFT-20141111.pdf
100. [VIM 2020] Viewing Instance Metrics, Using Oracle Cloud Infrastructure Compute Classic. 2020
101. https://docs.oracle.com/en/cloud/iaas/compute-iaas-cloud/stcsg/viewing-instance-metrics.html

102. [Dib 2019] Dib, G. (2019). Enabling Digitalization Index: beyond potential. https://www.eulerhermes.com/en_global/economic-research/insights/2019Enabling-digitalization-index-beyond-potential.html
103. [ЕК 2019] ЕК: България трябва да ускори цифровизацията на търговията. https://www.investor.bg/evropa/334/a/ek-bylgariia-triabva-da-uskori-cifrovizaciiata-na-tyrgoviiata-283788/
104. [ISO/IEC 25010 2011] ISO/IEC 25010 (2011). Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en
105. [Google 2020] Google Cloud Platform Pricing Calculator. https://cloud.google.com/products/calculator/
106. [IAIS 2017] International Association of Insurance Supervisors (2017). Fintech developments in the insurance industry. https://www.bis.org/fsi/fsisummaries/fintech.htm
107. [NIST 2014] Cloud Computing Service Metrics Description, 2014, https://www.nist.gov/system/files/documents/itl/cloud/RATAX-CloudServiceMetricsDescription-DRAFT-20141111.pdf
108. [Oracle, 2020] Viewing Instance Metrics, Using Oracle Cloud Infrastructure Compute Classic
109. [Reno 2019] Reno, N. (2019). 2018 Review Shows $250 billion Cloud Market Ecosystem Growing at 32% Annually. https://www.srgresearch.com/articles/2018-review-shows-250-billion-cloud-market-ecosystem-growing-32-annually
110. [Times of Cloud 2020] Times of Cloud (2020). Types of Cloud Computing – Anything as a Service (XaaS). https://timesofcloud.com/cloud-tutorial/xaas/
111. [VMware 2019] VMware: Светът на облаците ще е хибриден. http://computerworld.bg/167822396_rej_ofaral_vmware_svetat_na_oblacite_shte_e_hibriden
112. [Дженева 2018] Дженева, Д. (2018). Малките компании с огромен ръст при внедряванията на облачен компютинг. https://cio.bg/analizi/2018/10/31/3432290_malkite_kompanii_s_ogromen_rust_pri_vnedriavaniiata_na/
113. [ЕС 2018] Стратегия на ЕС за промишлената политика: Съветът приема заключения. https://www.consilium.europa.eu/bg/press/press-releases/2018/03/12/eu-industrial-policy-strategy-council-adopts-conclusions/
114. [Йорданова 2020] Йорданова, В. (2020). Е-търговията с ръст от 30% за 2019-а, какво купуваме? https://www.dnes.bg/notifikacii/2020/01/10/e-tyrgoviiata-s-ryst-ot-30-za-2019-a-kakvo-kupuvame.435539

115. [Парушева и Банкова 2018] Парушева Р., Банкова С. (2018). Проучване за нивото на дигитализация в България. Индустрия 4.0. Форум на ГБИТК за Индустрия 4.0, 09.2018. https://bulgarien.ahk.de/fileadmin/AHK_Bulgarien/News/Digitalization_Survey_Bulgaria-BG.pdf
116. [Пеева 2017] Пеева Б. (2017) Защо облакът е по-надежден за вашите данни от on-premise. https://www.isystems.bg/blog/zashho-oblakt-e-po-nadezhden-za-vashite-da/
117. [Суперхостинг 2020] 55 статистики за онлайн търговията [2019]. https://blog.superhosting.bg/ecommerce-internet-statistics-2019.html
118. [ЦБРФ 2017] Центральный банк Российской Федерации (2017). Основные направления развития финансовых технологий на период 2018–2020 годов. https://www.cbr.ru/statichtml/file/36231/on_fintex_2017.pdf
119. [ЦБРФ 2018] Центральный банк Российской Федерации (2018). Применение облачных технологий на финансовом рынке. https://www.cbr.ru/Content/Document/File/59559/Consultation_Paper_181218.pdf

Галина Илиева

ОБЛАЧНИ ТЕХНОЛОГИИ:
МНОГОКРИТЕРИАЛЕН ИЗБОР

Българска
Първо издание

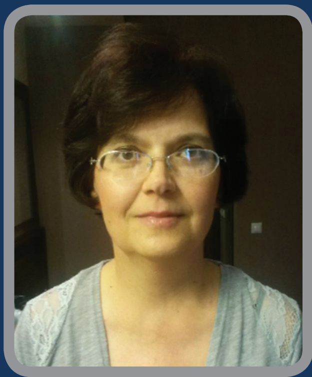
Формат 60/84/16
Печ. коли 8,63

Печатница на Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“
1113 гр. София, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 5

www.press.bas.bg

УДК 004.8 (330.47, 51-7)

ISBN 978-619-245-079-3



Галина Илиева е възпитаник на Технически университет – София, с магистърска степен по Изчислителна техника (Програмни системи). Докторската ѝ дисертация е посветена на изследване на поведението на интелигентни търговски агенти в електронни аукциони. Понастоящем тя работи като доцент по информатика във факултет „Икономически и социални науки“, ПУ „Паисий Хилендарски“ и в секция „Интелигентни системи“, Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН. Нейните научни интереси са в областта на интелигентните методи за обработка на бизнес информация и вземане на решения.

ISBN 978-619-245-079-3