

DEVELOPMENT A MANAGEMENT MATHEMATICAL MODEL TO CREATE AN EFFECTIVE FUNCTIONING HIGH-TECH CLUSTER

РАЗРАБОТВАНЕ НА УПРАВЛЕНСКИ МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНО ФУНКЦИОНИРАЩ ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧЕН КЛЪСТЕР

Vesela Vodenicharova¹, Silvia Baeva²

¹Faculty of Management, Technical University – Sofia, “Kliment Ohridski“ 8 Blvd., 1756 Sofia, Bulgaria, +359 896 427 717, vodenicharova_1989@abv.bg

²Faculty of Applied Mathematics and Informatics, Technical University – Sofia, “Kliment Ohridski” 8 Blvd., 1756 Sofia, Bulgaria, +359 895 587 177, sbaeva@tu-sofia.bg.

¹Стопански факултет, Технически Университет – София, бул. „Климент Охридски“ № 8, София 1756, България, +359 896 427 717, vodenicharova_1989@abv.bg

²Факултет по Приложна математика и Информатика, Технически Университет – София, бул. „Климент Охридски“ № 8, София 1756, България, +895 587 177, sbaeva@tu-sofia.bg

Keywords: 3-5 keywords: cluster, high-technology enterprises, management, mathematical model, multi-criteria optimization.

Abstract – High-tech cluster stimulate innovation activity of high-tech small and medium-sized enterprises (SMEs). In this way SMEs have opportunity for production of high-tech products and services, to be competitive of Bulgarian and international markets. The enterprises in the cluster cooperate between them, while are competitors in the market. A management mathematical model is proposed a project to create effective functioning high-tech cluster with maximal common efficiency, as taking into account the influence of the links between the different levels in the cluster - leading companies, economic interaction between enterprises, suppliers, economic infrastructure. This is a problem of multi-criteria optimization (Multiple Pareto and Pareto point).

Резюме – Високотехнологичните клъстери стимулират иновационната дейност на високотехнологични малки и средни предприятия (МСП). По този начин на МСП им се предоставя възможност за производство на високотехнологични продукти и услуги, които да бъдат конкурентноспособни на българския и международните пазари. Предприятията в клъстера си сътрудничат, като същевременно са и конкуренти на пазара. Предложен е проект на управленски математически модел за създаване на ефективно функциониращ високотехнологичен клъстер с максимална обща ефективност, като се отчете влиянието на връзките между отделните звена в клъстера – водещи компании, стопанско взаимодействие между предприятия, доставчици, икономическа инфраструктура. Това е задача на многокритериалната оптимизация (Парето множество и Парето точка).

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Въпросът за управлението на клъстерите става все по-актуален. Много изследователи и практики проучват и анализират различни аспекти от функционирането и развитието на клъстерите. Участници в клъстера могат да бъдат големи компании, които търсят интелектуална среда и подходяща инфраструктура и малки и средни предприятия (МСП), на които членството в клъстера им помага да оцелеят за по-дълъг период от време.

В България клъстерите са предмет на проучване и анализиране. През 2006 г. в обществото става въпрос за развитието на клъстерите като нов тип самоорганизиране на бизнеса. В България на 19 август 2004 г. е приета Иновационна стратегия и едно от нейните начинания е *„поощряване създаването на клъстери в традиционни за страната ни сектори“*. Проект по Програма ФАР за повишаване на конкурентноспособността на българската икономика предоставя възможности за финансиране на индустриални клъстери.

Целта на настоящото изследване е адаптиране на математическите модели на Парето за нуждите на управление на високотехнологичните клъстери, които да бъдат в подкрепа при създаването на същите.

Предмет на разработката са теоретичните постановки и математически модели и механизми, осигуряващи функционирането и развитието на индустриалните клъстери от високотехнологични предприятия.

Обект на разработката са предприятията от високотехнологичните клъстери.

Актуалността на изследването се обуславя от обективната необходимост, високотехнологичните клъстери да допринасят за развитието на високотехнологични МСП в условията на глобализация. Предимствата, които имат високотехнологичните предприятия когато си сътрудничат и едновременно с това са конкуренти на националния, европейските и международните пазари са следните: стимулиране на иновационната дейност, повишаване на конкурентноспособността на произвежданите продукти и услуги; обмен на знание, опит и дори практики.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1 Значение на високотехнологичните клъстери за повишаване конкурентноспособността на МСП

Явлението клъстер е изследвано от проф. Майкъл Портър. Той е най-големият и значим изследовател по отношение на клъстерите, като въвежда за първи път системно в литературата през 1990 г. Портър използва клъстерите, за да изясни конкурентноспособността на нациите [3], а по-късно в литературните си произведения определя относителното значение на региона и географските граници. Портър определя клъстерите по следния начин: „Клъстерите са географско концентрирани, вътрешно свързани компании и институции в определена сфера. Те обхващат масив от свързани индустрии и други участници, важно за конкуренцията (например, доставчици на специализирани продукти, като компоненти, машини, услуги и доставчици на специализирана

инфраструктура). Освен това, клъстерите често се разширяват вертикално към канали и клиенти и хоризонтално към производители на допълващи продукти и към компании в индустрии, свързани чрез умения, технологии или общи продукти. Накрая, много клъстери включват правителствени и други институции, като университети, агенции, институти, и търговски асоциации – които предоставят специализирано обучение, образование, информация, проучване и техническа поддръжка.“ [19].

2.2. Високотехнологичните предприятия като инициатива за развитие на бизнеса в страните-членки на Европейския Съюз

В настоящото изследване високотехнологичните предприятия са анализирани в областта на информационните и комуникационни технологии (ИКТ).

Според класификацията на *Организацията за икономическо сътрудничество и развитие (ОИСР)* високотехнологично е производството на аерокосмическа техника, компютри и офис оборудване, на радио-, телевизионно и комуникационно оборудване и фармацевтика. Високотехнологични услуги са телекомуникациите, компютърните и информационните услуги, финансовите услуги и услугите, свързани с научно-приложна и развойна дейност. [4].

Високотехнологичните предприятия са участници в клъстери или в други нива на стопанско взаимодействие. Високотехнологичните предприятия използват по-често вертикални, отколкото хоризонтални обединения [1]. Това е така, тъй като при високотехнологичните предприятия жизненият цикъл на продукта е по-кратък [1].

Създаването на иновативни възможности за високотехнологичните предприятия в различните отрасли на индустрията не е никак лесно. Предишни изследвания са показали, че високотехнологичните предприятия се стремят към знание на местно ниво в съседство с техните минали практики и сегашните способности и познания [14, 17]. Множество материали и автори са открили ролята на съюзите/ алиансите за научноизследователска и развойна дейност, което дава възможност на предприятията да получат достъп до външни знания и тези изследвания често се отнасят до тези съюзи като положителни резултати за иновации [9, 14, 18]. В допълнение, редица проучвания посочват важноста на външните отделни научни сътрудничества на ниво на достъп на знанието и иновациите, и предполагат, че по време на съюзи за научноизследователска и развойна дейност и външни отделни научни сътрудничества на ниво са двата съвместни механизма, които също имат отличителни характеристики [20]. По този начин тези два механизма оказват влияние върху посоката на иновациите и развитието на технологиите.

Високотехнологични клъстери в България в областта на ИКТ са следните клъстери:

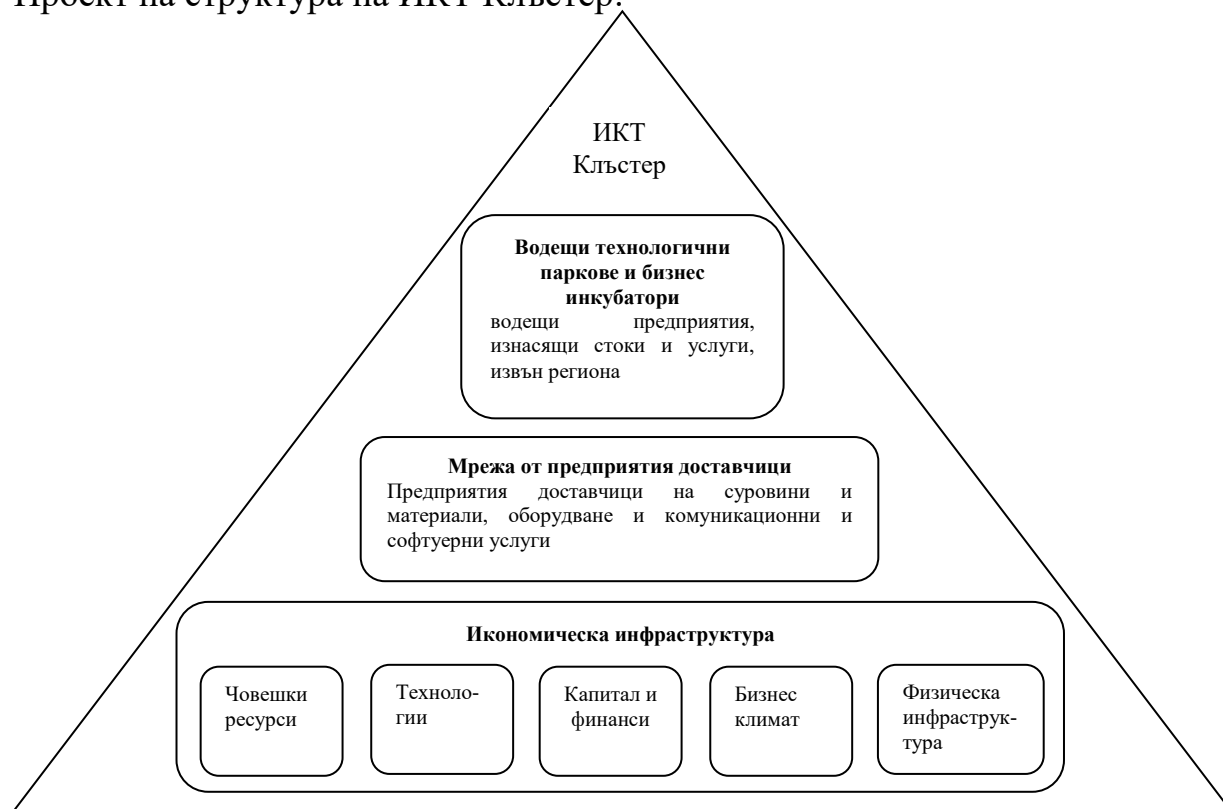
- ● ИКТ Клъстер;
- ● Български Клъстер „Телекомуникации“.

2.3. ИКТ Клъстер като средство за повишаване конкурентноспособността на високотехнологични МСП

Този клъстер е създаден през 2005 г. като платформа за стимулиране на сътрудничеството между ИКТ бизнеса и държавната администрация. Фондация ИКТ Клъстер е инициатива, която подкрепя и насърчава създаването и развитието на клъстери в областта на информационните и комуникационни технологии в страната [22]. Основна цел на клъстера е повишаване на конкурентноспособността на МСП от бранша на информационните и комуникационни технологии, като насърчава сътрудничеството и обмяната на идеи и познания между тях.

Разликата между обикновените и високотехнологичните клъстери е в състава на развойните звена, които са елементи от клъстера. За тях е характерно наличието на бизнес инкубатор в състава на клъстера, където възникват и се разработват високите технологии.

Проект на структура на ИКТ Клъстер:



Фиг. 1. Проект на структура на ИКТ клъстер

3. Проект на адаптиран управленски математически модел за създаване на ефективно функциониращ високотехнологичен клъстер

Сложните взаимовръзки между различните йерархични нива предполагат прилагане на модели от многокритериално оптимизиране.

Когато задачата е многокритериална, познатите математически модели за оптимизиране и ефективна работа, могат да бъдат комбинирани и обединени, така че да се достигне до исканото оптимизационно решение на тази задача. Анализът показва, че най-подходящ за случая е моделът на Парето за

анализиране на много функциониращи с различно въздействие системи – финансова, иновационна, технологична, производствена [23, 24].

Ще си постави следната задача: Създаване на високотехнологичен клъстер с максимална обща ефективност, като се отчете влиянието на връзките между отделните звена в клъстера – водещи предприятия, мрежа от предприятия доставчици, икономическа инфраструктура.

За целта са необходими специалисти – експерти в областта на човешките ресурси, технологиите, финансите, инфраструктурата и т.н., които да дадат компетентно мнение и данни по конкретни показатели. Подадените данни могат да бъдат както количествени, така и качествени. Като качествените данни чрез подходящи методи могат да се трансформират до количествени, за да се обработват по-добре.

Така поставената задача трябва да се съобрази също и със състоянието на пазара и конкурентноспособността в настоящия момент и да се прогнозира и в бъдеще в дългосрочен план.

Трябва да се поставят точно показателите, по които ще се търси оптимална ефективност на взаимодействията в клъстера. Ще се обединят по подходящ начин, за да се достигне до обща оптимална ефективност на клъстера.

Това е задача от многокритериалната оптимизация, като критерии за оптималност ще бъдат отделните показатели за ефективност – например човешки ресурси, технологии, капитал и финанси, бизнес климат, физическа инфраструктура и т.н. По подходящ начин тези критерии могат да се обединят и тогава задачата от многокритериалната оптимизация да се сведе до задача от еднокритериалната оптимизация (Парето множество и Парето точка) – задача за намиране на обща оптимална ефективност на индустриален клъстер. И допълнително се въведат условия, в които ще трябва да работи този индустриален клъстер – като ограничения – например ограничен ресурс на суровини и материали, ограничен финансов капитал, ограничени разходи и т.н.[23, 24].

Постановка на задачата

Ще се разгледа структурата на ИКТ Клъстер.

Водещите предприятия – високотехнологични са ключови предприятия, изнасящи стоки и услуги извън региона. Т.е. тяхната роля е основна във високотехнологичния клъстер.

Целта на задачата е да се създаде високотехнологичен клъстер, за който така да се изберат бизнес инкубатори на идеи и технологии, водещите предприятия и предприятията доставчици, че клъстера да функционира оптимално, т.е. целта е максимална обща ефективност на високотехнологичния клъстер.

Фактът, че всичко това трябва да се съобрази с разходите, които ще са необходими и с евентуалната възвращаемост на вложения капитал, не трябва да се пренебрегва. Това също е дело на лица-експерти в областта.

Решението на задачата се състои от няколко етапа – обработка на данни, обединяване на критерии за оптималност по подходящ начин, решаване на задачите от описаните математически модели

Описание на математически модел за създаване на високотехнологичен клъстер

За да се реши задачата, се описват два математически модела.

Високотехнологичното предприятие ползва разработката и продуктите, създадени в бизнес инкубаторите.

Нека водещите високотехнологични предприятия са m на брой - K_1, K_2, \dots, K_m , а предлаганите от тях стоки и услуги са l на брой - S_1, S_2, \dots, S_l . За всяка предлагана стока или услуга са предвидени разходи и евентуална печалба. За това колко качествена е една стока или услуга оказват влияние различни фактори като вложения капитал, човешките ресурси, оборудването и т.н. Лицата експерти в съответните области изготвят оценки на всяка една от предлаганите стоки и услуги за всяка една от компаниите. Нека тези оценки са:

За предприятие $K_i, i=1 \div m$, за предлаганите стоки и услуги $S_j, j=1 \div l$, оценките са съответно $O_{ij}, i=1 \div m, j=1 \div l$ - таблица 1:

ТАБЛИЦА 1

Стоки и услуги Предприятие		S_2	...	S_l
K_1	O_{11}	O_{12}	...	O_{1l}
K_2	O_{21}	O_{22}	...	O_{2l}
...
K_m	O_{m1}	O_{m2}	...	O_{ml}

O_{ij} - оценка на водещото
 K_i високотехнологично
предприятие за
предлаганата от нея S_j
стока или услуга,
 $i=1 \div m, j=1 \div l$

Така дефинираните оценки са показатели за ефективност на всяка дейност на предлагане на стоки и услуги за всяко водещо високотехнологично предприятие от клъстера.

За да се разпреди изпълнението на стоки и услуги между високотехнологичните водещи предприятия, трябва да се търси максимална обща ефективност от изпълнението като се отчетат и следните условия – ограничени общи парични средства за разходи, поне определена сума парични средства за печалба.

Нека евентуалните разходи за всяка водещо високотехнологично предприятие за всяка от предлаганите стоки и услуги е $R_{ij}, i=1 \div m, j=1 \div l$ - таблица 2:

ТАБЛИЦА 2

Стоки и услуги Предприятие	S_1	S_2	...	S_l
K_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1l}
K_2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2l}
...
K_m	R_{m1}	R_{m2}	...	R_{ml}

R_{ij} - разходи на водещото
 K_i високотехнологично
предприятие за
предлаганата от него S_j
стока или услуга,
 $i=1 \div m, j=1 \div l$

Нека евентуалните печалби за всяко водещо високотехнологично предприятие за всяка от предлаганите стоки и услуги е $P_{ij}, i=1 \div m, j=1 \div l$ - таблица 3:

ТАБЛИЦА 3

Стоки и услуги Предприятие	S_1	S_2	...	S_l
K_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1l}
K_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2l}
...
K_m	P_{m1}	P_{m2}	...	P_{ml}

P_{ij} - печалби на водещото
 K_i високотехнологично
предприятие за предлаганата
от нея S_j стока или услуга,
 $i=1 \div m, j=1 \div l$

Математическият модел на задачата за разпределяне на изпълнението на стоки и услуги между високотехнологичните водещи предприятия при ограничени общи парични средства за разходи и поне определена сума парични средства за печалба е: Задача за назначенията [5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 23]:

$$\max \left\{ F(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l O_{ij} \cdot x_{ij} \right\}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l R_{ij} \cdot x_{ij} \leq R \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l P_{ij} \cdot x_{ij} \geq P \\ \text{при ограничения: } \begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq 1, j=1 \div l \\ \sum_{j=1}^l x_{ij} \geq 1, i=1 \div m \\ x_{ij} \in \{0,1\} \end{cases} \end{cases} \quad (4),$$

където R е общият максимално гарантиран разход за предлаганите от водещите високотехнологични предприятия стоки и услуги, а P е общата минимално гарантирана печалба. С $x_{ij}, i=1 \div m, j=1 \div l$ са означени назначенията, т.е. ако $x_{ij} = 1$, то ще се възложи на предприятие K_i изпълнението на стока или услуга S_j , ако $x_{ij} = 0$, то няма да се възложи на предприятие K_i изпълнението на стока или услуга S_j . Променливите $x_{ij}, i=1 \div m, j=1 \div l$, са булеви променливи (1-true, 0-false).

Трябва да се определят и предприятията подизпълнители. За целта лицата-експерти трябва да определят какви ще са им функциите (дейностите) като цяло, т.е. каква доставка е необходима на суровини и материали, оборудване и услуги. Нека се означат тези функции (дейности) с d_1, d_2, \dots, d_k . А предприятията подизпълнители са n на брой - F_1, F_2, \dots, F_n . Функциите (дейностите) зависят от икономическата инфраструктура на конкретния подизпълнител – фактори като

човешки ресурси, технологии, капитал и финанси, бизнес климат, физическа инфраструктура. Нека тези фактори са s на брой - f_1, f_2, \dots, f_s . Всеки фактор трябва да се оцени по различни показатели от лицата-експерти в съответната област. Нека за фактор $f_t, t=1 \div s$, броят на показателите е e_t , а показателите са $a_{te_t}, t=1 \div s$. Всеки показател има определена важност (значение).

Теглови метод: За фактор $f_t, t=1 \div s$, с показатели $a_{te_t}, t=1 \div s$, съответните оценки са $o_{te_t}, t=1 \div s$, а съответните им важности (тегла) са $u_{te_t}, t=1 \div s$, където $\sum_{t=1}^s \sum_{l=1}^{e_t} u_{tl}$. Намираме ефективността на всеки фактор по следния начин: За фактор $f_t, t=1 \div s$, ефективността е

$$q_t = \left(o_{t1}, o_{t2}, \dots, o_{te_t} \right) \cdot \begin{pmatrix} u_{t1} \\ u_{t2} \\ \dots \\ u_{te_t} \end{pmatrix}, t=1 \div s \quad (5);$$

Сумата от получените ефективности дават ефективността на функцията (дейността). В таблица 4 са представени тези намерени ефективности за всяка функция (дейност) за всяка една от предприятията подизпълнители:

ТАБЛИЦА 4

Предприятия подизпълнители \ Функции (дейности)				
	d_1	d_2	...	d_k
F_1	Q_{11}	Q_{12}	...	Q_{1k}
F_2	Q_{21}	Q_{22}	...	Q_{2k}
...
F_n	Q_{n1}	Q_{n2}	...	Q_{nk}

За да се разпределят функциите (дейностите) между предприятията доставчици, трябва да се търси максимална обща ефективност от функциите като се отчетат и следните условия – ограничени общи парични средства за разходи, поне определена сума парични средства за печалба.

Нека предвидените разходи за всяко предприятие доставчик за всяка от функциите (дейностите) е $r_{bc}, b=1 \div n, c=1 \div k$, а предвидените печалби за всяко предприятие подизпълнител за всяка от функциите (дейностите) е $p_{bc}, b=1 \div n, c=1 \div k$ - таблица 5:

ТАБЛИЦА 5

Функция предприятия (дейност) доставчик	d_1	d_2	...	d_k	d_1	d_2	...	d_k
F_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1k}	p_{11}	p_{12}	...	p_{1k}
F_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2k}	p_{21}	p_{22}	...	p_{2k}
...
F_n	r_{n1}	r_{n2}	...	r_{nk}	p_{n1}	p_{n2}	...	p_{nk}

Математическият модел на задачата за разпределяне на функциите (дейностите) между предприятията доставчици при ограничени общи

парични средства за разходи и поне определена сума парични средства за печалба е: Задача за назначенията [5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 23]:

$$\max \left\{ G(Y) = \sum_{b=1}^n \sum_{c=1}^k Q_{bc} \cdot y_{bc} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{b=1}^n \sum_{c=1}^k r_{bc} \cdot y_{bc} \leq r \\ \sum_{b=1}^n \sum_{c=1}^k p_{bc} \cdot y_{bc} \geq p \\ \text{при ограничения: } \left\{ \begin{array}{l} \sum_{b=1}^n y_{bc} \geq 1, c = 1 \div k \\ \sum_{c=1}^k y_{bc} \geq 1, b = 1 \div n \\ y_{bc} \in \{0,1\} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (10),$$

където r е общия максимално гарантиран разход за функциите (дейностите) на предприятията подизпълнители, а p е общата минимално гарантирана печалба. С $y_{bc}, b = 1 \div n, c = 1 \div k$ са означили назначенията, т.е. ако $y_{bc} = 1$, то ще се възложи на предприятие подизпълнител F_b функцията (дейността) d_c , ако $y_{bc} = 0$, то няма да се възложи на предприятие подизпълнител F_b функцията (дейността) d_c . Променливите $y_{bc}, b = 1 \div n, c = 1 \div k$, са булеви променливи (1-true, 0-false).

Така описаните теоретично математически модели са приложени за създаването на високотехнологичния ИКТ клъстер. Конкретни данни са взети от [22] и от лицата-експерти в съответните области във високотехнологичния ИКТ клъстер. В [22] са предоставени данни за това кои са водещите компании и подизпълнители и с какъв дялов капитал са се включили в ИКТ клъстера.

Управленският математически модел е използван при развитието на високотехнологичния ИКТ Клъстер. Чрез него е определен оптималния брой на партньорите и съответстващият им необходим дялов капитал за формиране на печалба от дейността, която да бъде разпределяна пропорционално на участието им.

В [22] са представени данни за получените резултати: водещите предприятия и подизпълнителите им, както и дяловият им капитал за включване в ИКТ Клъстер

Експерименталното прилагане на управленския математически модел в ИКТ Клъстер показва необходимостта от допълнително развитие, за да се осигури ефективно използване от специалистите в практиката.

Данните са обработени със софтуерните продукти Maple, Lingo и Lindo, Solver Excel.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършеното проучване са направени следните по-важни изводи:

1. Разработеният математически модел позволява да се описват различни структури на клъстери без реалното им функциониране. Това от своя

страна създава предпоставки за избиране на създадените варианти на най-подходящия за реализиране на клъстер.

2. Използваният софтуерен продукт, с който са направени пресмятанията, подлежи на допълнително усъвършенстване и адаптиране за този тип пресмятане.
3. Същият управленски математически модел експериментално е приложен в ИКТ Клъстер, където показва, че са необходими допълнителни доработки, така че ефективно да бъде използван от специалистите в практиката.
4. На основата на изложения математически модел се разработва експертна методика за практическо приложение, включваща описание на процедурите от последните стъпки за реализирането им.

5. REFERENCES

- [1] И. Стоянов, „Високотехнологични предприятия в съвременната икономика“, 2009 г.;
- [2] М. Велев, „Клъстерен подход за повишаване на конкурентноспособността“, изд. Софттрейд“, С., 2007 г.
- [3] М. Портър, „Конкурентно предимство на нациите“, изд. „Класика и стил“, С., 2004;
- [4] Национална стратегия за развитие на високите технологии в Република България, http://www.build.bg/bg/law/law_doc/302.pdf, 6 декември 1999 г.;
- [5] В. М. Горбунов, *Теория принятиия решения, Учебное пособие*, Томск, 2010.
- [6] Х. А. Таха, *Введение в Исследование операций*, Москва, Санкт Петербург, Киев, 2001.
- [7] В. Cheshankov, *Operation Research, part 1*, Sofia, Bulgaria, 2004.
- [8] В. Gartner, J. Matonsek, *Understanding and Using Linear Programing*, Berlin, 2006.
- [9] F.T.Rothaermel, D.L.Deeds, 2004. *Exploration and exploitation alliances inbiotechnology: a system of product development*. Strategic Manage. J. 25,202–221;
- [10] G. B. Dantzig, M. N. Thapa, *Linear Programing 1: Introduction*, Berlin, Germany, 1997.
- [11] G. B. Dantzig, M. N. Thapa, *Linear Programing 2: Theory and Extension*, Berlin, 2003.
- [12] Н. Karloff, *Linear Programing*, Atlanta, USA, 2008.
- [13] K.R. Fabrizio, 2009. *Absorptive capacity and the search for innovation*. Res. Policy38, 255–267.
- [14] L. Rosenkopf, P. Almeida, 2003. *Overcoming local search through alliances andmobility*. Manage. Sci. 49, 751–766.
- [15] М. Emmerich and Andr'e Deutz, *Multicriteria Optimization and Decision Making Principles, Algorithms and Case Studies LIACS Master Course: Autumn, Winter*, 2006.
- [16] М. Fiedler, J. Nedoma, J. Ramik, J. Rohn, K. Zimmermann, *Linear Optimization Problem with Inexact Data*, Berlin, Germany, 2006.
- [17] М. J. Benner, M. L. Tushman, 2003. *Exploitation, exploration, and processmanagement: the productivity dilemma revisited*. Acad. Manage. Rev. 28,238–256;
- [18] М. K. Srivastava, D. R. Gnyawali, 2011. *When do relational resources matter? Leveraging portfolio technological resources for breakthrough innovation*. Acad. Manage. J. 54, 797–810.
- [19] М. Porter, On Competition, Harvard Business Review, 1998
- [20] P. Almeida, J. Hohberger, P. Parada, 2011. *Individual scientific collaborations andfirm-level innovation*. Ind. Corp. Change 20, 1571–1599;
- [21] S. I. Gass, *Linear Programing. Methods and Applications*, New York, USA, 2003.
- [22] <http://www.ictcluster.bg>;
- [23] <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD-pareto>
- [24] <http://www-verimag.imag.fr/~maler/Papers/pareto.pdf>