

УПРАВЛЕНСКИ СТРУКТУРИ, ФУНКЦИИ И ФРАКТАЛИ.
НЯКОИ АНАЛОГИИ И НЯКОИ АБСТРАКЦИИ

Калин Калинов

I. Въведение. Управлението наука, изкуство или „коктейл“ от двете

Наложило се е схващането да свързваме възникването на науката за организациите с историческия момент, когато авторитетът, произтичащ от факта на притежание, не е бил вече достатъчен за пълноценна реализация на поставените цели¹. Традиционно възникването на теория на организациите се отнася към втората половина на деветнадесети век и началото на двадесети век. Доколкото подобно твърдение е валидно преимуществено за икономическите организации и като че пренебрегва дълбоките исторически корени на идеите за управление на военните организации, държавните формации и дори племенните и родови структури, то удачно е да преформулираме мотива за възникване на необходимост от научен подход като „изчерпване на възможностите, произтичащи от авторитета на властта да осигурява пълноценно управление на организацията“². Подобно преформулиране е удачно да се разбира като необходимост авторитетът, произтичащ от традиционната и харизматична власт, да се допълва от нов тип авторитет – произтичащ от компетентността³. При това историческият период на възникване на систематизирано и приложноориентирано знание за различните социални системи е удачно да се остави открит.

Още със самото си възникване, а и до днес, във фокуса на познанието за организациите се поставя проблемът с тяхното качествено управление. Перифразирайки думите на Стивън Хокинс, че теорията има едно-единствено предназначение – правенето

¹ Четирите фактора, допринесли за възникването на научен подход към организациите, според Борис Милнър, са „развитие на крупни организации, отделянето на управлението от собствеността, развитието на точните науки и науките за човека“ [5].

² Доколкото властта се определя най-общо като асиметрично отношение, опосредствано от някаква ценност [11, с. 114], а собствеността е частен случай на подобно отношение, то понятието „власт“ е по-подходящо от „собственост“ по причина, че идеята за собствеността е трудно приложима към редица организации.

³ Подобно отделяне на властта от компетентността се ползва, за да подчертае необходимостта от специализирани знания. Разделянето следва да се възприема със степен на абстрахиране, доколкото процесът на упълномощаване с власт разчита на механизми, отчитащи компетентността на упълномощаваните. На практика авторитетите на властта и компетентността следва да се възприемат като неразделни.

One interdisciplinary area of human knowledge underwent significant development during last decades. Paradoxically, but in spite of science development, the management process remains dominated by authority driven by traditions or a variant of ownership instead of competency. In these circumstances managers' decisions continue to move on the abstract border between rational and irrational, between hypothesis and theory. Assuming this fact and taking into account the interdisciplinary nature of the theory of organizations, the paper proposes an interpretation of the management structures development under the conditions of informational pressure of the environment. The defended thesis is that the transformation of the management functions follows the principle of self-similarity. As a result, there is fractality not only of the management functions, but also of the structures. The evidences rely on analogies with biological functions and mathematical expressions. The publication uses the system approach as a whole and sticks to the intuitive border between the scientific hypothesis and theory.

на стойностни прогнози⁴, може с висока степен на дооустоверност да се твърди, че основната цел на теория на организациите е да материализира познанието във високоефективни и ефикасни резултати. Основното средство за целта е управление на процесите по създаване и функциониране на организациите.

Заслужават внимание две хипотези.

Първата е свързана с въпроса: „Доколко авторитетът на управлението, произтичащ от традиции или някаква форма на собственост (дори и само върху тип ресурси), е склонен да отстъпи на авторитет на властта, произтичащ от компетентност?“. Не е ли по-коректно твърдението, че властта, свързана с налична компетентност, се появява само където е нужно и точно в необходимата степен за преодоляване на възникнали проблеми на управлението по традиция. Ако това е така, то неизбежен е изво-

⁴ Стивън Хокинс – така, както е цитиран от Мъри Гелл-Ман в „Кваркът и ягуарът“ [10].

дът, че идеята за управленски правомощия изцяло по линия на компетентността граничи с утопията на платоновата „софокрация“, където е в сила изискването „философите да бъдат царе или царете философи“ [6]. Казано по друг начин, управлението е мотивирано от многоаспектни съображения, произтичащи от отношения на притежание, наложили се традиции и съществуваща компетентност. При това не съществуват надеждни доказателства, че в пъстрата палитра от управленска мотивация върховенството се пада на компетентността. Всъщност твърде често е точно обратното – отношението на притежание или наложилата се традиция доминират над авторитета на компетентността, като при това до ново познание се прибъгва само тогава, когато възможностите за управление по установения начин започнат осезаемо да изчерпват потенциала си.

На този фон е логична втората хипотеза, че дори и към настоящия момент, характеризиращ се с наличие на висока степен на познание за организациите, процесът на тяхното управление е доминиран от определена степен на субективизъм, определян най-общо като интуиция.

Приемането на подобно твърдение като цяло означава, че управленските решения винаги „се движат“ по онази абстрактна граница между рационалното и ирационалното, между хипотезата и познанието.

Придържайки се към подобно заключение и отчитайки интердисциплинарния подход на теория на организациите, настоящата публикация представя едно тълкуване на процесите на развитие на управленските структури под информационния натиск на средата. Предлага се тезата, че трансформацията на управленските функции се извършва на принципа на самоподобие, в резултат на което е налице фракталност, както на функциите, така и на структурите. Доказателствата за коректността на тезата са по същността си интердисциплинарни и разчитат на аналогията с биологични процеси и математически преобразувания.

Като цяло публикацията ползва системния анализ и се стреми да се придържа към интуитивната граница между научната хипотеза и строгата теория.

II. Развитие на управленските структури: информационният натиск на средата и спиралата на сложността

Популярна мисъл на Конфуций гласи, че „знания без разсъждения са безполезни, но разсъждения без знания – опасни“. Фокусирайки се върху първата част на мисълта (и абстрахирайки се от атрактивността на втората), следва да отбележим, че концепцията за познанието и тази за управлението са

неразривно свързани. Качественото управление винаги е било истинският мотив за задълбочаване на научното знание. От друга страна, именно в процеса на управление повторемостта на сходни причинно-следствени ситуации генерира идеята за принципите на процесите, като тези принципи, на свой ред, се явяват същността на знанието.

Отчитайки прагматичното схващане, че истинското предназначение на теорията е прогнозирането, подходящо е да се допълни, че добрата теория е единственото „лекарство против страха от неопределеността“. Лекарство, което управленците ползват в честите случаи, когато условията, в които се развиват управленските процеси, на пръв поглед нямат много общо с „подредения свят на строгата теория“.

Добра визуална метафора за диалектиката познание–управление се предлага от теория на множествата, където най-общо управлението се заключава в познаването и, на тази основа, съзнателното ползване на релациите между, от една страна, множеството на входните въздействия и на състоянията на системата (организацията), а от друга – множеството на изходните реакции. В подобен подход неопределеността, произтичаща от средата за управление, се компенсира по няколко начина: чрез фиксиране на условията на средата; чрез „загрубяване“ на параметрите на управлението; чрез дефиниране на подмножество на входните въздействия, явяващо се множество на условията на средата.

Възприемането на подобен подход за описание на познанието за конкретна система дава основание да се твърди, че **принципите на управление се представят от релациите в системата.**

Следва да се посочи, че подобен подход на изразяване на диалектиката познание–управление е широко разпространен и стои в основата на концепцията за сложността и по-скоро – в аспекта, касаещ структурната сложност. На практика теоретикомножественият подход представя структурната сложност като сложност на управлението и я свързва пряко „свс способността на системата да реализира много и различни типове на поведение на оператора вход – изход“ [4, с. 112]. Доколкото този тип сложност се свързва с описание на компонентите на системата, тяхното състояние и разнообразието на взаимодействието между тях, то често тя се определя като „*дескриптивна*“ (описателна) сложност [1, с. 26]. Класически подход за изследване на тази сложност е т.нар. „*ентропиен подход*“, който приема, че „*структурната сложност на системата е пропорционална на обема информация, необходим за нейното описание (снемане на неопределеността)*“ [1, с. 26].

Съгласно теория на информацията общото количество на информация за някаква система $I(Y)$, в

която априорната вероятност за проявяване на i -то свойство на системата е $p(y_i)$, се определя като⁵:

$$I(Y) = H(Y) = -\sum_{i=1}^m p(y_i) \cdot \log p(y_i), \quad (1)$$

където:

$H(Y)$ е ентропия на системата;

m е брой състояния, които може да заеме свойството y .

Ползвайки теория на информацията, логично е за критерий, оценяващ качеството на управление, да се приеме количеството информация за изходните реакции, съдържаща се във входните въздействия – $I(Y/X)$. При такъв подход е в сила интересна зависимост⁶:

$$H(Y/X) = H(Y)_{\max} - H(X) + H(X/Y), \quad (2)$$

където:

$H(Y/X)$ е условната ентропия на изхода по отношение на входа на системата;

$H(Y)_{\max}$ е максималната ентропия на изхода, съответстваща на състояние на отсъствие на управление, когато изходът може да приема всяко възможно състояние;

$H(X)$ е ентропия на входа на системата;

$H(X/Y)$ е условната ентропия на входа по отношение на изхода на системата.

Практическият смисъл на наличието на изразената в уравнение (2) зависимост е доказателство за съществуването и дефинирането по смисъла на теория на информацията на т.нар. „**предел на управление**” [1, с. 208], доколкото установява зависимост между $H(Y/X)$ (условната ентропия на изхода в зависимост от входа на системата) и други величини. Този предел на управлението може да послужи за изследване на връзките на управление в една структура по смисъла, че **достигането на „предела на управление” от една организация налага преход към друга управленска структура с по-висок информационен капацитет.**

От съществен интерес е друг извод, касаещ качеството на управление.

Очевидно е, че **за повишаване на качеството на управление** и свързаното с това намаляване на условната ентропия на изхода ($H(Y/X)$) са възможни няколко подхода [1, с. 208]:

1. Увеличаване на разнообразието на управляващите въздействия $H(X)$ и приближаването му към разнообразието на изхода на системата $H(Y)$.

⁵ Общото количество информация, получено в резултат на „пълното изясняване” на системата, съответства на степеня с която е намалена ентропията, и може да се приеме, че е налице равенство между пълната информация и максималната ентропия [1, с. 207].

⁶ Посоченото правило е известно като „принцип на необходимото разнообразие на Ешби”. Доказателство е спестено, доколкото изцяло е заимствано от [1, с. 208].

2. Намаляване на нееднозначността на управляващите въздействия по отношение на изхода на системата $H(X/Y)$, което предполага наличието на възможно най-пълна информация, както за системата, така и за средата на функционирането \mathcal{E} .

3. Намаляване на разнообразието на състоянията на управляемия обект (на изходните реакции на системата) $H(Y)$ ⁷.

Първите два подхода дават теоретичната обосновка на фундаменталния за кибернетиката **принцип за необходимото разнообразие на Ешби**⁸: „разнообразието на управляващата система трябва да бъде не по-малко от разнообразието на обекта на управление” [1, с. 208]. Практическото тълкуване на принципа за необходимото разнообразие на Ешби е, че повишаването на управляемостта на организацията изисква детайлизиране, по смисъла декомпозиране и прецизиране на управленските функции, което най-общо се постига с професионализация на обособени функционални направления на управлението.

Повишаване на качеството на управление чрез този подход очевидно налага увеличаване на специализацията на компонентите на органа за управление. Тенденциите за специализация допълнително се аргументират от поне две съображения.

На първо място, средата повишава разнообразието си по множество причини: конкурентни схеми, промяна на потребителски интерес (за икономическите организации), еволюция на антагонистични стратегии (за организациите в сектора сигурност) и много други причини. Това налага с цел адаптацията, дори само за запазване на завоювано статукво в средата, да се увеличава разнообразието на изхода. Логично се появява нов източник на изисквания към усложняване на управлението с произтичаща допълнителна специализация. Нещо повече – **все по осезаем става делът управленски функции, имащи отношение към наблюдението и контрола на средата, за сметка на класическото управленско направление – управлението на процесната последователността „ресурс–продукт–реализация”.** Невинаги тази промяна на

⁷ Въпреки че е встрани от темата на публикацията, интерес представлява третият подход за оптимизация на управлението, който предвижда това да става чрез намаляване на разнообразието на състоянията на управляемия обект. Именно при реализирането на такъв подход е възможно оптимизирането на управлението в краткосрочен план да доведе до нарушаване на адаптацията в дългосрочна перспектива. Доколкото намаляването на разнообразието на състоянията по същността си е специализация, то приведената тенденция може да се обобщи: “по-високата специализация на системата намалява нейния предел на адаптиране”, а именно “пределът на адаптиране добива първостепенно значение при промяна на целта на функциониране” [2, с. 40]. Познатото от практиката е ликвидирането на всичко, което не сме достатъчно умни за да управляваме.

⁸ Уилям Рос Ешби (William Ross Ashby 1903–1972) британски учен (психиатър), считан за баща на съвременната кибернетика.

акцентите се материализира чрез създаване на специализирани звена за проекти и модернизация, но твърде често усилията на изпълнителните мениджъри и звената по реализация (пласмент) на произвежданите услуги или продукти се натоварват с допълнителни задачи в посоченото направление.

На следващо място, наличието на множество специалисти, в обособени във функционално отношение управленски направления, поставя поне два съществени въпроса: как да се синхронизират усилията и как да се подбират необходимите специалисти и да се поддържа тяхната подготовка. Като следствие отново се обособяват допълнителни управленски функции по синхронизация на процесите и самоподдържане на системата. Като че се наблюдава едно **ориентиране на системата „навътре” – към процедурите по синхронизиране, в съчетание с нарастващи управленски усилия в ново функционално направление: самоподдържане на системата** по смисъла кадрово осигуряване. Тази промяна в акцентите на управление почти винаги се материализира в структурите чрез създаване на кадрови и административни звена.

Разликата между двете тенденции е, че доколкото първата тенденция за нарастване на управленските усилия и ориентирането им към средата е пряко свързана с повишаването на качеството на реализирания продукт, то ориентацията на управлението към вътрешните процеси и кадровото осигуряване индиректно влияе върху това качеството. Точно поради тази разлика функционалните направления, възникващи по линия на втората тенденция, се определят като поддържащи (второстепенни) и класически включват две групи функции: на самовъзпроизводство и самоподдържане.

Приемайки тезата, че повишаването на разнообразието на входните въздействия и тяхната еднозначност е еквивалентно на повишаване на управляемостта на системата, то очевидно са налице **два източника на повишаване на сложността на управление: промяната на средата и усложняването на вътрешните процеси**. Налице е добра демонстрация на парадокса „сложността поражда сложност”: Управлението се усложнява по причина стремежа за достигане на по-високо качество и по причина усложняване на средата и в този процес се дава нов, паралелен тласък за усложняване поради необходимостта от повишаване на синхронизацията между нарастващите по брой и специализацията компоненти на органа за управление.

Може да се обобщи, че **източниците на нарастваща сложност на управлението са два: информационният натиск на средата и парадоксът на сложността**.

Интерес представлява отговорът на въпроса, как

нарастващата сложност се отразява на управленските структури.

III. Йерархия плюс самоподобие равно на централизация. Защо „глупаците се издигат”?

Двата класически подхода за повишаване на информационния капацитет на органа за управление, с цел преодоляване на информационния натиск на средата и ефектите на парадокса на сложността, а са „мрежовизация” на органа за управление и въвеждането на междинни йерархични нива⁹.

Въпреки че публикацията разглежда основно процесите на въвеждане на междинни йерархични нива, удачно е да се характеризира накратко вариантът на „мрежовизация”.

Общото описание на подхода „мрежовизация” е създаването на подчинен на ръководителя съвет от специалисти в различни функционални области на управлението, като този съвет е в помощ на ръководителя, предлагайки професионално мнение. Аналози са щабове на военните формирования, консултативните съвети, бордовете на директорите и др. В рамките на такива мрежови органи йерархични отношения съществуват, но класически не са силно изразени, а акцентът във функционирането на подобен орган е творчество и професионализъм, или казано по друг начин – генериране на разнообразни и еднозначни управленски решения¹⁰.

По причина редица недостатъци на мрежите (сложност, трудна управляемост, склонност за загуба на целта и др.) по-често срещаният подход за преодоляване на недостатъчността на информационния капацитет на органа за управление е въвеждането на ново йерархично ниво. Вариантите може да са поне два:

- декомпозиране на управлението на функции и формиране на тази основа на подчинено ниво със структурно обособени департаменти по функции;
- делегиране на част от пълния „комплект” управленски функции на подчинено ниво със структурно обособени департаменти по отраслов или териториален принцип. На практика имаме класическо „роене” на организацията, като висшият

⁹ Следва да се отбележи, че в чист вид двата подхода се наблюдават изключително рядко, особено що се касае до т.нар. „мрежовизация”. Дори и посочените по-долу шабове на въоръжени формирования и директорски бордове с много висока степен на абстракция могат да се ползват за пример за мрежова структура.

¹⁰ Следва да се отбележи, че приведеното описание е фрагментарно и твърде общо. Като първа стъпка в процеса на „мрежовизация” е формирането на различни функционални направления на управление. В процеса на самоусложняване на органа за управление различните функционални направления на управление все повече се разграничават, а поддържащите ги структури се обособяват и раздалечават. Възможно е разграничаване и не само на функционален, но и на териториален принцип. Появява се остра необходимост от формиране на съвещателен орган (мрежов). Последващото обособяване на функционалните направления често предизвиква преход към хетероархична организация.

управленски орган налага ограничение на автономността на „дъщерните“ структури.

Комбинацията на двата подхода не само че е възможна, но и е най-разпространена като цяло. При комбиниран подход класически се формират департаменти в основното направление на дейност и делегирането на функции за управление на това направление става по класическия вариант на поетапно ограничаване на правомощията „надолу“ по йерархията. Управлението на поддържащите функции класически се възлага или на единен орган в рамките на висшия орган за управление от, по-скоро, мрежов тип с „направленци“ по функции, или на обособени департаменти, които имат ограничени във функционално отношение правомощия спрямо по-нискостоящи подобни органи¹¹. Най-подходящият пример за описания подход е в сферата на военните структури, където се наблюдава централизирана организация с множество (повече от 2–3) йерархични нива. От най-висшето ниво, условно наречено военнoстратегическо, се наблюдава строга централизация по направление на основната функция на системата (предназначението на организацията), стигаща до най-ниското изпълнителско ниво, условно наречено операционно. По отношение на поддържащите функции на системата на най-висшето ниво класически се разгръща щаб с обособени на функционален принцип звена (дирекции, управления). Усилията по управление на поддържащите функции намаляват поетапно на по-ниските в йерархията нива (оперативни и тактически), като се изпълняват отново от структурнообособени на функционален принцип звена (отдели, отделения), но с намалена компетентност и интензивност на усилията, което твърде често води до съвместяване на отговорностите по управление на сходни функционални направления и последващо обединяване на поддържащите ги структури. Някъде на ниските (тактически) нива необходимостта от поддържане на звена, управляващи поддържащите функционални направления, се изчерпва, като шабните структури изчезват и се наблюдава „сливане“ на отговорността и дейността по управление на основното функционално направление и тези на поддържащите. Това сливане е плавно и преди да се наблюдава в пълен обем – на операционно ниво, то преминава в обединяване на всички отговорности по управление на поддържащите функции и възлагането им на един орган – за

¹¹ Следва да се посочи, че „сливайки“ все по-надолу в йерархията, а департаментите по поддържащи функции се „свиват“ организационно и рано или късно тяхното управление (на поддържащите функции) се „слива“ с управлението по основна системна функция. Преди да настъпи това „сливане“, често се наблюдава преход от департаментна организация по поддържащи функции през колективен орган за управление, орган от направленци, подпомагаш единен ръководител, до строго централизирано управление от едноличен ръководител.

военното дело това е заместник-командир, помощник-командир и др.

Доколкото посоченият пример показва преодоляване на недостатъчния информационен капацитет на органа за управление по отношение на поддържащите функции, интерес представлява как става това по въпросите на управлението на основната функция.

Класическият вариант не предвижда фрагментиране на основната функция и се свързва с простото обособяване в подчинената структура на ограничен брой звена¹², на чиито ръководители се делегират ограничени правомощия за управление. Класически тези ръководители са равнопоставени помежду си. Тази структура с висока степен на достоверност може да се нарече „дивизийна“.

За коректност следва да се посочи, че е възможен подход за снемане на информационния натиск по управление на основната функция, предвиждащ декомпозиция на тази функция. Това е най-често възможно, когато има обособени модули на продукцията и/или обособени етапи на процеса. В подобни условия е възможно формиране на цехова организация и/или организация по етапите на процеса – например „снабдяване; производство; пласмент“. Логично е, че в този случай **декомпозирането на управлението отразява декомпозирането на производствената дейност**.

Така представените варианти за преодоляване на проблемите на недостатъчния информационен капацитет на органа за управление представят процеса като многоаспектен, но е възможно обобщението, че това е непрекъснат процес на декомпозиране на управленските функции, развитие на подчинена управленска структура и делегиране на компонентите на тази структура на управленски правомощия и отговорности, запазвайки „върховенството“ по управлението на всяко направление на дейност на най-високото ниво на йерархията.

Ако се приеме едно елементаризиране на описанието на „борба с информационния натиск на средата, ръководителят винаги, когато му стане трудно да управлява, прави едно от двете неща или тяхна комбинация:

– разделя работата си по управление между няколко подчинени и им подчинява съответно пониски в йерархията звена, а новите знания, необходими за пълноценно управление, „запазва“ за себе си;

– назначава специалисти за управлението на процесите, които не познава, а ръководителят усвоява нови управленски знания в степен, необходим, а за да управлява назначените специалисти. Тези специалисти, от своя страна, си назначават

¹² Доколкото тази тематика надхвърля проблемната област на публикацията, удачно е само да се посочи, че класически подчинените структури са до пет на брой.

съответни отговорници по по-ниските звена във функционалната област, за която отговарят.

Дори и фрагментарно, подобно описание налага простия мотив за управление: „за да управляваш трябва да познаваш”¹³. Приемането на подобен мотив и описания по-горе процес на преодоляване на управленските проблеми, свързани с информационния натиск на средата, позволява да се направи допускането, че генерирането на по-нискостоящо управленско ниво става „по образ и подобие” на генериращото ниво. Налага се идеята, че **развитието на подчинени управленски структури, с цел облекчаване на информационния натиск върху органа за управление, се извършва по подобие на „структурата – майка”**.

Правенето на долно ниво по свой образ и подобие само на пръв поглед разтоварва управляващия.

В момента на създаване на това ниво се очаква на него да се делегира само тази част от работата, която „тежи”. Но с времето се появява нова тежест – нарасналото съдържание на функционалното направление самоподдържане (администриране, подбор, подготовка и развитие на кадри и др.). Това налага делегиране на още по-големи отговорности на подчинения, включително и по линия на самоподдържането.

Налагат се поне два извода:

На първо място, целият процес на развитие на структурата протича под дисциплиниращото условие: „за да управляваш, трябва да познаваш”. При това важно средство за постигане на познание, освен актуализиране на подготовката, е необходимо генерирането на структури, наподобяващи повисшестоящото управленско ниво в необходимата степен. Удачно е да се формулира принципът за **развитие на организацията чрез самоподобие в отговор на нарастващия информационен натиск**¹⁴.

На следващо място, декомпозирането на управленските функции и появата на нови в процеса на развитие на структурата налагат извода, че съдържанието на управленската дейност се променя плавно по йерархичните нива, като на най-високите нива ориентацията е дългосрочно планиране и самоподдържане, а най-ниските – управление на технологичните процеси. Подходящо е формулирането на принцип за **плавна промяна на съдържанието на управленската дейност по йерархичните нива, реализирана чрез самоподобие**.

Доколкото формулираните принципи са на

базата на описания процес по създаване на организацията „отгоре надолу” по смисъла, че управляващият орган се издига, като си създава подчинени (нещо като „самопострояващ се кран”), то самоподобие е също отгоре надолу.

Следва да се посочи, че самоподобие отгоре надолу имаме и когато се създава изкуствена система, защото първо се създава най-висшето ръководно звено, а след това се развиват низовите структури, като често този процес се управлява от вече създаденото ръководство.

Дори и при организациите с чист естествен произход, развиващи структури отдолу нагоре, имаме самоподобие. Подходящи са следните примери: управлението на старейшините е самоподобие на управлението от най-стария в рода, което е пряко отражение на теоретично оспорваната, но практически безспорната, доминираща роля на мъжа в семейството; тръгвайки от модел на домсъвет до модел на парламент се наблюдават твърде много общи мотиви по отношение на представителност и др.

Преди да се премине към заложената в развитието чрез самоподобие идея за фрактална размерност, нека предложим потенциален отговор на въпроса: „Защо глупците се издигат?”

Приемайки, че развитието на структурите като цяло се извършва отгоре надолу, то следва да се отбележи, че развитието на кадрите в организация с вече установена структура класически се извършва отдолу нагоре. Кадрови растеж в централизирана структура с изявено функционално и структурно самоподобие между нивата предполага възникването на усещане, че за издигане следва да правиш точно това, което е типично за дадено управленско ниво, просто по-добре от другите на нивото. Ключовото словосъчетание е „само това”. Всичко, което е различно, поставя под въпрос способността висшестоящото ниво да контролира процеса просто по причина, че е възможно да не го познава. Т.е. – иновацията не е добре дошла. Ако в такава организация делегираме изключителните права пряко висшестоящият да е отговорен за издигането на пряко подчинения – проблемът е налице. Началникът ще развива подобни. Отчитайки, от друга страна, че в процеса на усложняване на организацията началникът все повече ще се „отдалечава” от професионалното знание и ще се ангажира с административни функции по контрол на подчинените, добрият администратор има повече шанс да се „хареса” на началника си от добрия професионалист просто защото повече го „наподобява”.

Напускайки атрактивната тема за кадрово развитие, нека за обяснение на идеята за фрактална размерност, като следствие на развитието чрез самоподобие, ползваме теория на множествата. Заслужават внимание следните определения:

¹³ На практика правилото „за да управляваш трябва да познаваш” е вариант на философско тълкуване на споменатия по-горе принцип за необходимото разнообразие на Ешби.

¹⁴ Удачни са две забележки. Първо, тази идея може да се определи като принцип с висока степен на абстракция, доколкото се налага по-задълбочено изследване. На следващо място, под информационен натиск следва да се разбира както усложняването на средата, така и на вътрешните процеси в хода на развитие на организацията.

1. Едно изображение е сюрективно (епиморфно, т.е. „върху“), ако всеки елемент от едното множество (второто X) е образ на поне един елемент от другото множество (първото).

2. Едно изображение е инективно (моморфно, т.е. „в“), ако два различни елемента от X имат различни образи в Y .

3. Едновременното наличие на сюрекция и инекция дефинира т.нар. биекция (еднозначно изображение на X 'върху' Y , определяно като „взаимно еднозначно изображение“).

4. Взаимно еднозначно съответствие между две множества, което запазва съотношенията между елементите им, се нарича изоморфизъм¹⁵.

Заслужават внимание определенията за биекция и изоморфизъм. По-принцип биекцията се касае до взаимно еднозначно съответствие между някакви обикновени множества, докато изоморфизмът се отнася до биекция между множества, снабдени с операции между елементите. Казано по-просто, биекция е налице, когато на всеки елемент от едното множество съответства точно определен елемент от другото. Тази биекция е изоморфизъм, когато съответствието между елементите се допълни и със съответствие на съотношенията между елементите. Ако „нарастем изискванията“ за съответствие от типа изоморфизъм с изисквания за съответствие между операциите с елементи от множествата, получава се частен случай на изоморфизъм, познат като хомоморфизъм¹⁶.

Практическият смисъл на хомоморфизма е, че с него се обозначава специален случай на съответствие между компонентите на две алгебрични системи (групи, пръстени, векторни пространства), имащи еднаква базисна структура. Доколкото компонентите на двете системи и операциите между компонентите могат да имат различно представяне в двете системи, резултатите от изследването на едната система могат да се прилагат в другата. По този начин, ако е известно, че две системи са хомоморфни, резултатите от анализа на едната система могат да се прилагат за анализа на другата¹⁷.

Ползвайки приведените определения, удачно е въвеждането на следното допускане, че системите

¹⁵ Казано по друг начин, „изоморфизъм на X върху Y “ се нарича биективно и линейно изображение на линейното пространство X върху линейното пространство Y . Подразбира се, че и двете пространства са над едно и също числово поле. Като понятие изоморфизмът уточнява широко разпространените понятия „математически модел“ и „аналогия“.

¹⁶ Понятието „хомоморфизъм“ произлиза от гръцки език (*homoiōs morphē*, „подобна форма“). В математиката хомоморфизмът се определя като „изображение на алгебрична система в друга алгебрична система, което запазва операциите и релациите“; <http://www.znam.bg/com/action/showArticle?encID=1&article=1595872627> обобщение на понятието „изоморфизъм“. Определението е заимствано от електронният портал Знаем.бг [3].

¹⁷ Изводът е заимстван от електронната енциклопедия Britannica [9].

са представени съответно от управленските функции на две съседни нива. В подобно допускане е налице висока степен на достоверност по причина на вече представената идея за развитие на организацията чрез самоподобие в отговор на нарастващия информационен натиск. Доразвивайки въведеното допускане чрез схващането, че функцията предопределя структурата, налага се хипотезата за **хомоморфизъм на структурите на управляващия орган на две съседни нива**.

Следва да се отбележи, че тази хипотеза има сериозни емпирични аргументи.

Налице е подобие, не само по състава на организациите на управление на съседни йерархични нива, но, по функционалните задължения на компонентите, както и по взаимоотношенията между компонентите във всеки орган.

Налице е само един спорен момент, свързан с предефинирането на управленските функции на различните йерархични нива и произтичащата организация на органа за управление. Това налага **хомоморфизъм на структурите на управляващия орган на две съседни нива** да се възприема с известна степен на абстрахиране от чистото математическо определение.

Доколкото, от една страна, развитието чрез самоподобие е сериозна предпоставка за хомоморфизъм на управленските функции на различните нива на управление, а от друга, наличният хомоморфизъм на структурите на органа за управление се очаква да е следствие от хомоморфизма на функциите, то налага се заключението, че **в процеса на развитие на организацията чрез самоподобие, в отговор на нарастващия информационен натиск, се реализира хомоморфизъм на управленските функции на различните нива на управление с произтичащ хомоморфизъм на структурите на управляващия орган на различните нива**.

Отчитайки повдигната вече теза, че **познанието в процеса на развитие се постига преимуществено чрез развитие на принципа на самоподобие**, подходящ е изводът, че **хомоморфизмът между функциите и структурите на управленските нива е основна предпоставка за запазване на управляемост в процеса на развитие по смисъла, свързан с необходима степен на познание за процесите в подчинените структури**.

Очевидно е, че най-висока степен на познаваемост за по-нискостоящата в йерархията структура ще имаме при пълна идентичност на управленските функции и структури. Доколкото се посочи, че идеята е **плавна промяна на съдържанието на управленската дейност по йерархичните нива**, а отговорността за тази промяна в низшестоящото ниво се възлага във висока степен на висшестоящото ниво, процесът на предефиниране на управ-

ленските функции по йерархията е своеобразна рекурсия¹⁸. Може да се твърди, че **реализираните на по-ниските управленски нива функции и структури са поредица от хомотопни¹⁹ изображения, които изображения целят да извършат в пълноценен обем прехода „стратегическо управление–оперативно управление–тактическо управление–операционно управление”**, като при това се запази познаваемост на процесите в дълбочина на йерархията като основна предпоставка за управляемост.

Може да се обобщава, че налице са две водещи съображения за предефинирането на управленските функции:

1. Предефиниране на самата същност на управлението от посока стратегически мениджмънт до операционно изпълнение с цел пълноценен прехода в последователността „стратегическо управление–оперативно управление–тактическо управление–операционно управление”.

2. Запазване на необходимата степен на управляемост.

Възникват поне два въпроса.

Първият може да се формулира по следния начин: „кога плавно промяна на съдържанието на управленските функции става достатъчно осезаема и позволява (налага) нова дефиниция?”. Казано по друг начин, интересно е кога това предефиниране е фактически най-забележимо по смисъла, ако застанем на конкретно йерархично ниво и погледнем надолу по нивата на йерархията, къде наблюдаваната от нас функция ще изчезне (ще спрем да я виждаме по начина, по който да я различаваме)?

Очаква се, доколкото всяко горно ниво дефинира задълженията на долното (но го прави под контрола на своето горно ниво), функцията да се наблюдава до там, докдето е влиянието на нивото, на което сме застанали, се изчерпва. Отчитайки субективния стремеж да се ръководи (контролира) всичко, очевидно е, че влиянието на конкретен ръководител ще се изчерпва там, където той спира „да го познаваме”. Без да се навлиза в подробности е удачно да

се посочи, че това се очаква да стане на 3–4 йерархични нива под ръководителя²⁰.

Вторият въпрос е: „Имаме ли аналогия на процеса на предефиниране на управленските функции по йерархията като своеобразна рекурсия, реализирана чрез поредица от хомотопни изображения?”.

Оказва се – „да”. Всъщност, говорейки за рекурсия, ние сме на крачка от концепцията за фракталността.

IV. Фракталите. От математическите фокуси към биологичните функции

Концепцията за фракталността е сравнително нова съвкупност от идеи, чиито основи се базират на напредъка на математиката през деветнадесети и двадесети век. Математическата интерпретация на фракталността се фокусира върху непрекъснати функции, които притежават итеративен характер, представен от обратна връзка, базирана на рекурсия²¹.

Класическата дефиниция за фрактал е „повтаряща се геометрична закономерност на различни скали, с помощта на която се създават неправилни геометрични фигури, които не е възможно да се възпроизведат от класическата геометрия”²².

По-широката интерпретация на понятието, както и названието „фрактал”²³ се дава от Беноа Манделброт (*Benoit Mandelbrot*) в произведението „Фракталната геометрия на природата” [14, с. 276]. Най-общо фракталите могат да се дефинират като „груба или фрагментирана геометрична фигура, която може да бъде разделена на части,

²⁰ Доколкото темата за достигане на предел на информационния капацитет за управление в дълбочина се явява, по-скоро, следствие на проблематиката на настоящата публикация, предвижда се да се развие в отделна статия. Заслужава само да се посочи, че редица изследвания в областта на когнитивната психология и антропологията сериозно аргументират посоченият извод за стойностно предефиниране на управленските функции през 3–4 йерархични нива. Подходящо е за публикацията това твърдение да се приеме само като работна хипотеза.

²¹ Логистичното уравнение, известно още като „модел на Верхулст”, е типична подобна функция. Холандският математик Пиер Верхулст (*Pierre Verhulst*) в два последователни труда през 1845 и 1847 г. предлага модел на нарастване на популацията. Подробна информация за математическата интерпретация на въпроса може да се намери на адреса на математическия сайт *Mathworld* [18].

²² Преводът е направен от автора. Оригиналният текст е: „*a geometric pattern that is repeated at ever smaller scales to produce irregular shapes and surfaces that cannot be represented by classical geometry*”. От множеството определения е подбрано това от сайта *WordNet* на Принстънския университет [19].

²³ Названието „фрактал” произлиза от латински език – „*fractus*”, означаващо буквално „счупен”, но също така и „неправилен”. Названието е дадено от Беноа Манделброт, като при това е вложен известен символизъм, доколкото идеята е „фрактал” да е своеобразен антоним на понятието „алгебра”, произлизащо от арабската дума „*al-jabr*” (ЗБМИС) със значение „възстановявам”, „събирам заедно” [14, с.4–5].

¹⁸ Рекурсията най-общо е метод за дефиниране на математическа функция, при който дефиницията ползва самата функция. В по-общ план изрази от типа рекурсия се ползват за дефиниране на неограничени по продължителност процеси чрез ограничен брой понятия. Например: изразът „всеки син се учи от баща си” е рекурсия, дефинираща непрекъснатата последователност от типа „синът се учи от баща си, който се е учил от своя баща, който...”.

¹⁹ Понятието „хомотопия” произлиза от гръцки език (*homus* „еднакъв, подобен” и *tyros* „място”) и се ползва в топологията за означаване на фамилия изображения, при които едно топологично пространство чрез деформация се изобразява в друго, при което е налице изискването всяко следващо пространство да е в някаква степен подпространство на предходното. Подходяща дефиниция може да се намери на образователния сайт *Wolfram Mathworld* [18].

всяка от които е дори и приблизително, умалено копие на цялото”²⁴.

В края на двадесети век концепцията за фракталността търпи рязко развитие най-вече по причина на наблюдаваните аналогии в редица природни процеси. Към настоящия момент определението за фракталност на форми или процеси в някаква степен касае почти всяко самоподобие, в чието постигане е заложена рекурсия.

Сериозен принос в концепцията за фракталността е направен с въвеждането на понятието за т.нар. системи „със самоорганизираща се критичност” (*self-organized criticality – SOC*)²⁵ – клас динамични системи, чието поведение на различни скали на наблюдение притежава пространствена или времева инвариантна характеристика. Тази инвариантна характеристика се явява своеобразен атрактор на системата към състояние на фазов преход. Казано по друг начин, тези системи се движат по „ръба на хаоса”, разбирани най-общо като границата на преход от едно фазово състояние в друго. Интересното в случая е, че тези системи са склонни непрекъснато да изпълняват своеобразен цикъл „самоорганизиране–самоусложняване–преход в ново фазово състояние–самоорганизиране – ...”. Независимо от стремежа към плавни преходи от състояние в състояние, тези системи извършват преходите, твърде често съпроводени с „катастрофи”. В подобни системи се наблюдава изявена фракталност по отношение на инвариантна характеристика на различните скали на наблюдение. Интересно е, че дори и при висока динамика на процесите „фракталната формация е изненадващо устойчива по отношение на движещите сили на процесите” [13].

Независимо от множеството трактовки на идеята за фракталност, тя неразривно се свързва с понятието „самоподобие” [14, с. 168]. Степента на това самоподобие се оценява като „фрактална размерност” [13], която, за разлика от класическата размерност на Евклидовата геометрия, е дробно число.

Въвеждането на концепцията за фракталността в биологията предизвиква сериозно задълбочаване на познанията за живите системи и тяхната еволюция. Подходящи са няколко примера.

Класическата фракталност се свързва с различни системи, като най-често сочени примери са диха-

телната (по-скоро се има предвид белият дроб) и кръвоносната. По сравнение с компактните фигури фракталните обекти притежават много по-голяма повърхност²⁶. „Предназначението” на фракталността в случая е увеличаване на контактната повърхност с цел по-пълноценно усвояване на кислорода (респективно – отделяне на въглеродния диоксид). **На практика се наблюдава своеобразна пространствена фракталност.**

Оказва се, обаче, че се наблюдават още три приложни аспекта на фракталност.

На първо място, оказва се, че нарастването на обема на белия дроб при вдишване и респективно – намаляването при издишване, не става постепенно, а на своеобразни тласъци, като се разгъват (съответно свиват) определен брой бронхиални клонове [14]. **Може да се дефинира времеви аспект на фракталността.**

На следващо място, фракталната размерност води до повишаване на турбулентността на кръвта, от една страна, а от друга – на вдишваният въздух, като по този начин се получава „биореактор”, даващ възможност за свързване на хемоглобина с кислорода, и респективно – отделянето на въглеродния диоксид [15]. Доколкото се наблюдава промяна на конкретни характеристики на флуида, а те се описват от стойностите на конкретни функции, **угодно е да наречем този аспект на фракталността „функционален”.**

На последно място, фракталността на белия дроб се наблюдава отново във времева перспектива, но много по-дългосрочна. Екип от учени, сравнявайки различни етапи от формирането на белия дроб от човешки ембрион, през новородено, до възрастен екземпляр, наблюдава изявена фракталност на структурата [8]. Всъщност перспективата в случая е „смесена” – от „пространствено-времеви” тип. Доколкото се касае за пространствена фракталност във времева перспектива на развитие, **подходящо е да се нарече тази фракталност „еволюционна”.**

За настоящата публикация от подчертано значение са определените по-горе функционален и еволюционен аспект на фракталността.

Доколкото функционалната фракталност бе определена като плавна промяна на степента на проявление на конкретна характеристика, то очевидна причина за това е промяната на конкретна функция на системата, „генерираща” тази характеристика. Налице е силна аналогия с плавното предефиниране на управленските функции на различните нива на йерархията. Това предефиниране, както бе посочено, има най-малко две предназначения:

²⁴ Определението е интерпретирано от автора на базата на текста от страници 276 до 278 на Mandelbrot, B.B. The Fractal Geometry of Nature. W. H. Freeman and Company, New York, 1982. Следва да се посочи, че определението практически се припокрива със соченото за дефиниция от Манделброт в електронната енциклопедия Wikipedia: “a rough or fragmented geometric shape that can be split into parts, each of which is (at least approximately) a reduced-size copy of the whole” [17].

²⁵ Понятието е въведено от Пер Бак (*Per Bak*), Чо Тенг (*Chao Tang*) и Курт Вайнсфилд (*Kurt Wiesenfeld*) [7].

²⁶ Например човешкият бял дроб притежава повърхност почти колкото тенис корт [12].

1. Предефиниране на самата същност на управлението от посока стратегически мениджмънт до операционно изпълнение с цел пълноценен прехода в последователността „стратегическо управление–оперативно управление–тактическо управление–операционно управление”.

2. Запазване на необходимата степен на управляемост.

Следващият аспект на фракталността – еволюционният, е силно свързан с функционалния и също има поне две предназначения:

1. Практически демонстрира концепцията за развитие чрез самоподобие.

2. Прекарва ясна логическа връзка между идеята за развитие чрез самоподобие и заложената в нея възможност за запазване на управляемостта чрез познаваемост на процеса на развитие.

Следва да се посочи, че независимо от различните аспекти на фракталността и различните акценти на предназначението им, те са диалектично свързани и различни само с прилагането на степен на абстрахиране.

Доколкото настоящата публикация представя организационната фракталност, разчитайки на аналогии, то подходящо е да се даде един пример от биологията.

Често за визуализиране на фракталността в природата се ползва дървото.

Пространственият аспект на самоподобие в случая е изключително осезаем и може да се демонстрира по следния начин: така както стволът с клоните прилича на клона с клонките, по същия начин клонът с клонките прилича на взетите поотделно клонки с по-малките клонки и т.н.

Тази прилика може да се проследи и по отношение на кореновата система и е подходяща база за възприемане на пространствената фракталност.

Що се касае за функционалното самоподобие, описанието е по-интересно. Тази фракталност се представя от идеята, че носещата функция на ствола се наблюдава при клоните, при клончетата и т.н. Същевременно, доколкото основното предназначение на ствола е носещата функция, то тази функция запазва доминиращата си важност при клоните, но при най-малките клонки вече отчетливо се появява и нова функция – трофичната, доколкото под техния епидермис има хлоропласти. Трофичната функция достига „апогея” си при листата, чиято носеща функция вече е практически символична. Налице е чудесна визуализация на процеса на плавна промяна на степента на проявление на една функция на различни нива, както и на промяната на относителния приоритет между различни функции на тези нива.

Еволюционната фракталност се демонстрира поне в две направления.

Първото от тях е свързано с развитието на пространствената фракталност във времето: първо пониква стъбло с листа, после на стъблото се оформят клонки с листа, впоследствие тези клонки се развиват в клони със свои клончета и т.н.

Второто направление е свързано с това, че при посоченото развитие в началния момент стъблото изпълнява едновременно носеща и трофична функция, като впоследствие постепенно силно развива носещата си функция и губи трофичната.

Аналогично самоподобие, и то във всички описани аспекти, се наблюдава и при кореновата система. На тази основа може да се твърди, че фракталността се запазва в различни среди, като разликата е само в степента на проявление.

Подходящо е публикацията да се ограничи до позоваване на възможността за аналогия между посочените примери за фракталност и организациите, като доразвиването на аналозиите и степента на абстрахиране при това се остави на читателя.

В заключение е удачно да се посочат само някои приложни аспекти на фракталността на управленските функции и произтичащата фракталност на структурите.

V. Заключение. От теорията, чрез аналогията, към хипотезата

Интерес представлява отговорът на въпроса, какво би допринесло познанието за организациите в контекста на концепцията за фракталността.

В чисто теоретичен аспект, без да се преповтарят предложените по-горе в публикацията идеи, ще се внесе дълбочина в цялостното разбиране за възникването и развитието на организациите. Налице е съществена възможност за формулиране на принципи в областта на теория на организациите, които да са в тясно съзвучие с принципи в биологията, математиката и други области. Подобно съзвучие неминуемо ще предизвика верига от нови аналогии и развитие на идеите за фракталността в строга научна концепция.

Несъмнено по-атраaktivният принос ще е практичният.

Налице е възможност да се даде теоретична обосновка на множество идеи, считани за чисто емпирични. Ето и някои от въпросите, чиито отговори са в някаква степен свързани с фракталността:

1. Защо администраторите са често по-предпочитани от новаторите?

2. Защо организацията среща проблеми, когато развие повече от четири йерархични нива?

3. Защо ефективните организации рядко надхвърлят 150–200 души?

4. Защо ръководителите и изпълнителите често говорят на „различни езици”?

5. Кога е настъпил моментът да обособим нов департамент в организацията си и как да организираме ръководството му?

6. Каква степен на автономност да делегираме на подчинения си?

7. Какво да направим, когато усетим, че управлението на организацията ни се „изплъзва“?

Независимо че решенията на посочените по-горе проблеми винаги ще носят субективен заряд, то може да се твърди, че концепцията за фракталността на управленските функции и поддържащите ги структури ще даде по-голяма увереност на съвременните мениджъри в честите случаи, когато им се налага да „прекратват прага на теорията“ и поемат на „пътешествие в царството на хипотезите“, водени от светлината на интуицията си.

Литература

1. **Анфилатов, В., С. Емельянов и А. Кукушкин.** Системный анализ в управлении. – Москва: Финансы и статистика, 2003.
2. **Величков, В.** Целева устойчивост на военните системи. (Учебно пособие) – София: В. А. “Г.С. Раковски”, 2003.
3. Знаем. бг – електронен портал. Достъпен на адрес: <http://www.znam.bg/com/>, последно посетен на 18.10.2010.
4. **Каси, Дж.** Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. (Превод от английски на руски език), Москва: МИР, 1982.
5. **Мильнер, Б.** Теория организации. Электронная Библиотека кафедры Национальная безопасность. Достъпна на адрес: <http://www.safety.spbstu.ru/el-book/>, последно посетен на 14.10.2010 г.
6. **Платон.** Държавата — “Диалози”, т. 3, С, 1988.
7. **Bak, P., C.Tang and Wiesenfeld, K.** (1987) Self-organized criticality: an explanation of $1/f$ noise. *Physical Review Letters* 59:pp. 381–384.
8. **Bennett S., M. Eldridge, C. Puente, R.Riedi, T. Nelson, B. Goetzman, J. Milstein, S. Singhal., K. Horsfield and M. Woldenberg.** Origin of Fractal Branching Complexity in the Lung. Достъпна на адрес: <http://www.stat.rice.edu/~riedi/UCDavisHemoglobin/fractal3.pdf>, последно посетен на 18.10.2010.
9. Britannica – електронна енциклопедия, достъпна на адрес: <http://www.britannica.com/>, последно посетен на 18.10.2010.
10. **Gell-Mann, M.** The Quark and the Jaguar, Adventures in the Simple and the Complex. New York: Hanry Hold and company LLC, 1994.
11. **Grandori, A.** Organization and Economic Behavior. T.J. International Ltd. Padstow Cornwall. 2001. pp. 114. Достъпна на адрес: http://books.google.bg/books?id=DkSOosggqeYC&source=gbs_navlinks_s, последно посетен на 18.10.2010.
12. **Havlin S., V. Buldyrev, A. Goldberger, R. Mantegna, S. Ossadnik, C. Peng, M. Simons and H. Stanley.** Fractals in Biology and Medicine. *Chaos. Solitons & Fractals* Vol. 6, 1995, Elsevier Science Ltd, pp. 171–201.
13. **Halley, Julianne D., Andrew C. Warden, Suzanne Sadedin and Wentian Li.** Rapid self-organized criticality: Fractal evolution in extreme environments. *Physical Review E* 70, 036118 (2004). Достъпна на адрес <http://www.nslj-genetics.org/wli/pub/pre04.pdf>, последно посетен на 18.10.2010.
14. **Mandelbrot, B.** The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman and Company, New York, 1982, pp. 4–5.
15. **Sernetz, M.** (2000) Die fraktale Geometrie des Lebendigen, in: *Spektrum der Wissenschaft*, July 2000, pp. 72–79, така, както е цитиран от Prof. Dr. Markus Schwaninger. *A Theory for Optimal Organization* No 38 – November 2000.
16. **Suki, B., A.-L. Barabasi, Z. Hantos, F. Pet and H. E. Stanley:** *Nature* 368,615 (1994), така, както е цитиран от S. Havlin, V. Buldyrev, A. Goldberger, R. Mantegna, S. Ossadnik, C. Peng, M. Simons and H. Stanley. *Fractals in Biology and Medicine. Chaos. Solitons & Fractals* Vol. 6,1995, Elsevier Science Ltd, pp. 171–201.
17. Wikipedia – електронна енциклопедия. Достъпна на адрес <http://en.wikipedia.org/wiki/>, последно посетен на 18.10.2010.
18. Wolfram Mathworld. Достъпен на адрес: <http://mathworld.wolfram.com/>, последно посетен на 18.10.2010.
19. WordNet. Достъпен на адрес: <http://wordnetweb.princeton.edu/>, последно посетен на 18.10.2010.

Адрес за контакти

Доц. д-р Калин Спасов Калинов
ВВМУ „Никола Й. Вапцаров”