

УДК 330.43.658.14

DOI: 10.31891/2307-5740-2019-270-3-222-227

ХРИСТИАНОВСЬКИЙ В. В., ЩЕРБИНА В. П.

Донецький національний університет імен В. Стуса (Вінниця)

МОДЕЛЬ КООРДИНАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КОМАНДНОГО ЕФЕКТУ УПРАВЛІНСЬКОЇ СТРУКТУРИ

Розглядається задача координації інформаційних потоків, які виникають в системах організаційного управління. Під координацією розуміється проблема забезпечення всіх суб'єктів управління достатньою кількістю і якістю інформації, необхідної для прийняття рішень, що дозволяє досягти загального бажаного результату. Модель координації інформації для прийняття рішень являє собою трирівневу систему управління, якій притаманні основні характеристики багаторівневих ієрархічних систем. Основні оцінки інформації змінюються в діапазоні (0; 1), а тому і будь-який суб'єкт управління теж буде характеризуватися тривимірною точкою в одиничному кубі. Розвиток системи управління за моделлю розглядається в часі, або поетапно. В якості основного критерію виступає критерій максиміна, що дозволяє визначити достатній алгоритм вирішення поставленого завдання. Кількість інформації у кожного суб'єкта управління має відповідати інтервалу достатності довіри, який задається зовнішнім середовищем. Основним результатом рішення за допомогою моделі є отримання достатньої кількості і якості інформації кожним членом управлінської колективу, що дозволяє формувати загальне квазіоптимальне рішення. Такий підхід дозволяє отримувати достатні або задовільні рішення, що стоять перед всією системою управління.

Ключові слова: інформація, модель координації інформації, трирівнева ієрархічна структура управління, суб'єкт управління, «м'яке» моделювання, оцінка ймовірності, критерій максиміна.

KHRYSYANOVSKYI V., SCHERBYNA V.

Vasylye Stus Donetsk national university (Vinnytsia)

COORDINATION MODEL OF INFORMATION FOR TEAM EFFECT CALCULATION OF MANAGEMENT STRUCTURE

The problem being observed is coordination of flows of information, which emerge in organization management systems. Coordination refers to the problem of providing all the subjects of management with same amount and quality of information, necessary for making decisions, which will allow to achieve joint desired result. Process of building a model of coordination obeys the following principle: a team of like-minded people always solves the task with better quality and speed. The model of information coordination in decision-making process is a three-level management system, which has the main characteristics of multi-level hierarchical systems. Such a model can include the following main information flows that may arise in the informational space of the subjects of management: information from the external environment; hierarchical structure of the management system; assessment of the amount of information from the subjects of management and its transfer ratio; loss of information as a result of poor-quality exchange and its aging (information dissipation).

The main result of model application is that all members of management team will receive the same amount and quality of information, which allows to form quasi-optimal solutions, as it is done in "soft" modeling tasks. Solution of problem described in this article allows to determine quantity of steps (phases) to achieve the desired result. This approach allows to obtain sufficient or satisfactory solutions for tasks of the entire control system. The main characteristic of information for decision making is the degree of sufficiency (probability) of usage of this information to solve the problem. The main evaluations of information vary in the range (0; 1), and therefore any subject of management will also be characterized by a three-dimensional point in cube with dimension = 1. The development of a control system according to the model is observed in time, or stages. At each stage, the subjects of the system receive and process specific amounts of information. For this, a three-level hierarchical model is considered, in which the maximin criterion is used as main. Criterion used by algorithm to solve the problem defined. The amount of information for each subject of management must correspond to the interval of sufficiency of trust, which is determined by the external environment. The number of steps according to the model coincides with one needed to obtaining necessary algorithm for solving a problem defined for control system.

Keywords: information, information coordination, three-level hierarchical management structure, management subject, "soft" modeling, probability estimation, maximin criterion.

Розвиток економіко-математичного моделювання, електронно-обчислювальної техніки і методів оптимізації в прийнятті управлінських рішень дозволяє в даний час вирішувати ряд складних завдань, пов'язаних з проблемою автоматизованого управління загальним мисленням великих груп людей (управлінців різних організаційних комплексів). Кожна з таких систем управління являє собою складну організаційно – ієрархічну структуру, в якій рішення приймаються колективом фахівців. У подібних колективах управлінців надзвичайно важливу роль відіграють питання переосмислення інформації великої кількості і різної якості, якою вони обмінюються. Вважається, що чим більше позитивної інформації для ухвалення рішень матимуть члени різних рівнів ієрархічної управлінської структури, тим рішення конкретної задачі проходитиме більш коректно.

Складність прийняття рішення в таких системах управління посилюється необхідністю враховувати в процесі управління соціальні і психологічні чинники колективу виконавців. Уміння моделювати роботу таких систем управління, оцінювати їх загальну ефективність, приводить до необхідності формування колективу однодумців, що свідомо однаково розуміють виникаючі проблеми в рішенні завдань. Моделювання їх поведінки, сформульованої строгою математичною мовою, дозволяє вирішувати складні завдання з управління колективною думкою за наступним принципом: **колектив однодумців завжди вирішує поставлену перед ними проблему якісніше і швидше**. У статті ми описуємо координацію дій з

ухвалення рішень в трирівневій системі управління, що містить основні характеристики ієрархічних систем, описаних в роботі [1].

Обов'язковість сумісності (узгодженості) інформації, отриманої кожним окремим управлінцем, спрямована на досягнення спільного оптимального результату діяльності усього органу управління. Побудована в роботі координаційна модель гарантує можливість розумного поєднання дій кожного члена системи з глобальною метою управління. Основним результатом рішення за допомогою моделі є координація кількості і якості інформації між всіма членами управлінського колективу. Під координацією розуміється проблема забезпечення всіх об'єктів управління достатньою кількістю і якістю інформації, необхідної для ухвалення рішень, яка дозволяла б досягти мети, поставленої перед усією системою. З формальної точки зору координація інформації за допомогою моделі спрямована на пошук оптимальних, а частіше прийнятних, або задовільних рішень, як це робиться в завданнях "м'якого моделювання" [2]. Критерії для встановлення оптимальності або прийнятності можливих рішень вважаються відомими вищестоящим рівням системи управління і задаються зовнішнім середовищем.

Рішення поставленої задачі дозволяє розрахувати кількість кроків (етапів) для досягнення бажаного результату. Початкова інформація про можливі шляхи досягнення мети функціонування системи повинна бути передана усім рівням управління даної ієрархічної структури і осмислена ними. При отриманні задовільної кількості інформації на усіх рівнях управління вироблятиметься квазіоптимальне рішення.

Охарактеризуємо спочатку основні потоки, які відбуваються в інформаційному середовищі суб'єктів управлінської структури. Для цього розглянемо елементи інформаційної взаємодії учасників управлінських відносин. При цьому будемо враховувати: інформацію зовнішнього середовища; вплив вищого рівня управління на нижчі рівні, тобто ієрархічну структуру системи управління; об'єми обміну інформацією між суб'єктами управління в системі; оцінку кількості інформації у суб'єкта управління і коефіцієнт її передачі; втрати інформації в результаті неякісного обміну і її старіння (дисипація інформації).

Будемо позначати як $X_{ij}^{(t)}$ суб'єкта, який отримує і подає інформацію. Кількість інформації, якою він володіє в момент t , позначимо $W_{ij}^{(t)}$. Кількість інформації, що передається від суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ суб'єкту $X_{kl}^{(t)}$ в момент t , позначимо $V_{ij}^{kl(t)}$, старіння (дисипацію) інформації – $C_{ij}^{(t)}$. В такий спосіб кожний суб'єкт буде характеризуватися точкою $X(W, V, C)$ тривимірного простору, де $W_{ij}^{(t)}$ – кількість інформації у $X_{ij}^{(t)}$, яка оцінюється вірогідністю $P_{W_{ij}^{(t)}}$ відносно її користі для задачі управління; $V_{ij}^{kl(t)}$ – кількість інформації (потік), що передається від одного суб'єкта до іншого і оцінюється вірогідністю $P_{V_{ij}^{kl(t)}}$; $C_{ij}^{(t)}$ – оцінка дисипації інформації у суб'єкта управління з вірогідністю $P_{C_{ij}^{(t)}}$. В таких позначеннях любий суб'єкт управління буде характеризуватися наступною точкою в тривимірному просторі:

$$X_{ij}^{(t)}(W_{ij}^{(t)}, V_{ij}^{kl(t)}, C_{ij}^{(t)}). \quad (1)$$

В якості основної характеристики інформації для прийняття рішень буде виступати вірогідність (ступінь достатності) використання цієї інформації для рішення задачі управління. Вона буде характеризувати вищевказані величини в діапазоні $(0;1)$, а точка (1) буде знаходитися в одиничному кубі. Звідси витікає, що коефіцієнти, які характеризують обсяги, потоки інформації і її старіння також будуть змінюватись в діапазоні $(0;1)$. В процесі обміну необхідно враховувати отримання суб'єктами управління неповної, неточної, спотвореної інформації. Це спонукає при розрахунках об'ємів обміну інформацією використовувати ідею, "м'якого" моделювання опису інформаційної взаємодії управлінців [3]. Розв'язання таких задач [4] дозволяє проаналізувати в динаміці тенденцію індивідуальних особливостей при інформаційній взаємодії учасників виробничих відносин. Складність побудови таких моделей полягає в тому, що в них необхідно враховувати правила обміну інформацією суб'єктів, як між собою, так і в системі в цілому, яку вони утворюють.

Аналіз розвитку системи управління за допомогою моделі координації розглядається в часі, або покроково. На кожному кроці елементи системи отримують і обробляють конкретні об'єми інформаційних ресурсів. В загальному плані обмін інформацією між суб'єктами управління в такій системі являє собою організаційно-ієрархічну структуру, подібну описаній в роботі [1]. Зробимо короткий опис побудованої нами моделі координації (рис. 1). Перший суб'єкт управління позначається як $X_{11}^{(t)}$. Він знаходиться на першому рівні системи управління і інформацію приймає з зовнішнього середовища. Між ним і зовнішнім середовищем відбувається взаємний обмін інформацією. На схемі подібні зв'язки між суб'єктами будуть позначатися неперервною лінією.

У першого суб'єкта n_2 штук великих підрозділів, які утворюють другий рівень. Між ними, а також між суб'єктом першого рівня і ними відбувається взаємний обмін інформацією. В сукупності підрозділи

другого рівня утворюють третій рівень. Між ними також відбувається обмін інформацією. Так система формується до одержання сукупності останніх підрозділів, які утворюють k -й рівень. Позначимо їх кількість на кожному рівні через n_k , $k = \overline{1, K}$. Таким чином, $X_{ij}^{(t)}$ ($i = \overline{1, k}; j = \overline{1, n_k}$) це суб'єкт, який знаходиться на i -му рівні і має j -й порядковий номер в заданий момент часу t .

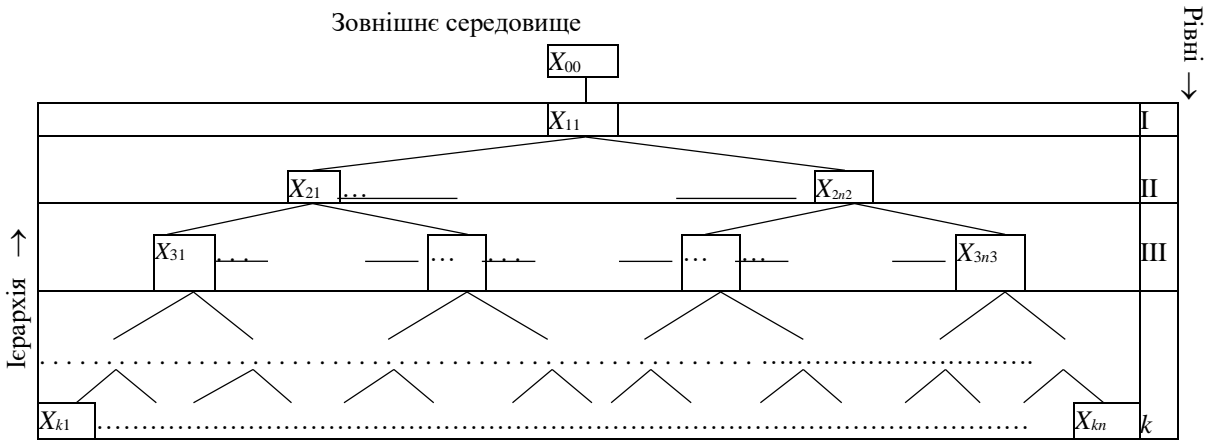


Рис. 1. Загальна схема поширення інформації в системі управління

Сукупність впливу W, V, C на систему управління визначається значеннями коефіцієнтів α, β, γ .

Опишемо їх. Позначимо: $\alpha_{ij}^{kl(t)}$ – доля можливої управлінської інформації, яка передається від суб'єкта вищого рівня $X_{ij}^{(t)}$ до суб'єкта нижчого рівня $X_{kl}^{(t)}$ (при умові, що $i > k$) в момент t ; $\beta_{ij}^{kl(t)}$ – доля інформації, яка передається від суб'єкта нижчого рівня $X_{ij}^{(t)}$ до суб'єкта вищого рівня $X_{kl}^{(t)}$ в момент t (при умові $i < k$); $\beta_{kj}^{kl(t)}$ – доля інформації, яка передається від суб'єкта $X_{kj}^{(t)}$ до суб'єкта $X_{kl}^{(t)}$, які знаходяться на одному рівні, (тобто коли $i = k$); $\gamma_{ij}^{(t)}$ – доля залишку інформації в суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ в момент t , яка змінюється в результаті дисипації.

Для спрощення практичного рішення задачі побудуємо модель передачі і одержання інформації в момент t кожним суб'єктом управління в системі із трьох рівнів. Розповсюдження інформації в такій системі представлено на схемі (рис. 2).

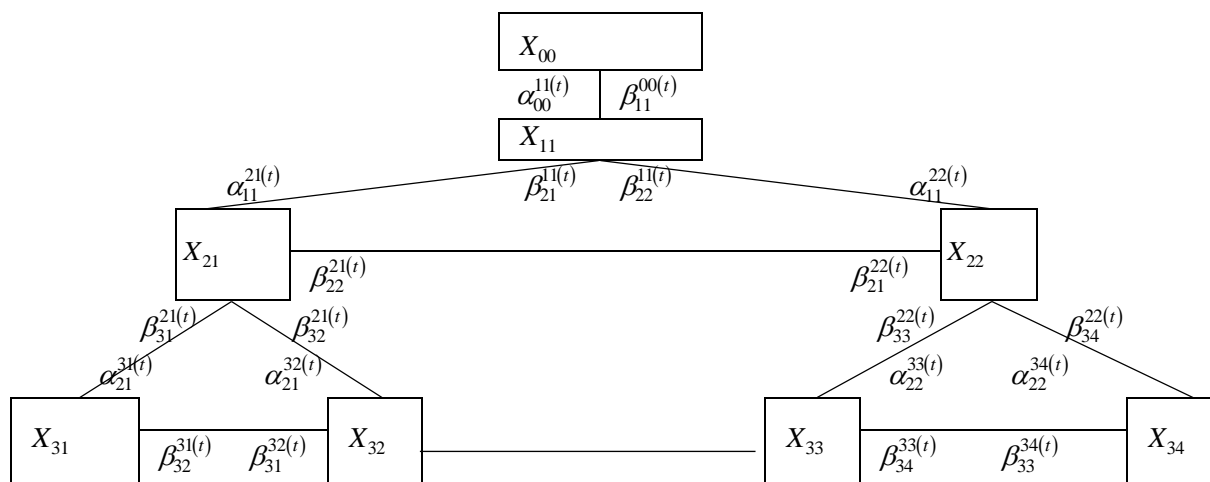


Рис. 2. Схема обміну інформацією в системі управління з трьома рівнями

Інформація в розумінні поставленої задачі – це можливий алгоритм усвідомленого вирішення проблеми по управлінню системою суб'єктом $X_{ij}^{(t)}$. Її якість відносно управління оцінюється за допомогою вірогідності одержання користі від використання цієї інформації по зазначеному алгоритму. Другими словами, вірогідність відтіняє якість виконання задачі управління суб'єктами $X_{ij}^{(t)}$ за вказаним алгоритмом. Таким чином, кількість інформації для одержання позитивного результату $Wp_{ij}^{(t)}$ оцінюється вірогідністю

$p_{ij}^{(t)}$ виконання поставленої задачі по заданому алгоритму. Алгоритм рішення задачі по управлінню системою задається зовнішнім середовищем. Він повинен формуватися за допомогою експертних оцінок спеціалістів по порушеній проблемі. Передачу або одержання інформації від одного суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ до другого суб'єкта $X_{kl}^{(t)}$ можна виразити величиною $V_{ij}^{kl(t)}(p)$ наступним чином [5]:

$$V_{ij}^{kl(t)}(p) = \frac{W_{ij}^{(t)}(p) - W_{kl}^{(t)}(p)}{W_{ij}^{(t)}(opt) - W_{kl}^{(t)}(p)} \approx \frac{p_{ij}^{(t)} - p_{kl}^{(t)}}{1 - p_{kl}^{(t)}}. \quad (2)$$

Якщо $p_{ij}^{(t)} > p_{kl}^{(t)}$, то $V_{ij}^{kl(t)} > 0$ і це означає що у суб'єкта $X_{kl}^{(t)}$ підвищується кількість інформованості на величину $V_{ij}^{kl(t)}(p)$. Якщо $p_{ij}^{(t)} < p_{kl}^{(t)}$, то тоді $V_{ij}^{kl(t)}(p) < 0$. Це означає, що у суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ зменшується ступінь інформованості на величину $V_{ij}^{kl(t)}(p)$. В формулі (2) $p_{ij}^{(t)}$ і $p_{kl}^{(t)}$ вихідна вірогідність досягнення цілі управління системою в момент t суб'єктами $X_{ij}^{(t)}$ і $X_{kl}^{(t)}$ відповідно, а $W_{ij}^{(t)}(opt)$ – кількість інформації у суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$, яка відповідає алгоритму рішення проблеми в поставленій задачі.

Інформація в результаті обміну у суб'єктів може або зростати, або зменшуватися в залежності від рівня, на якому знаходиться суб'єкт і від напрямку її передачі. Якщо передача інформації відбувається від суб'єкта вищого рівня $W(P_e)_{ij}^{(t)}$ з вірогідністю $P_e^{(t)}$ до суб'єкта нижчого рівня $W(P_n)_{kl}^{(t)}$ з вірогідністю $P_n^{(t)}$ (управляюча інформація), то кількість передачі інформації суб'єкта нижчого рівня визначатимемо як:

$$V_{ij}^{kl(t)}(p) = \frac{P_e^{(t)} - P_n^{(t)}}{1 - P_n^{(t)}} \left(P_e^{(t)} > P_n^{(t)} \right), \quad (3)$$

де $P_n^{(t)}$ – вірогідність досягнення цілі управління суб'єктом нижчого рівня при одержанні ним інформації від суб'єкта вищого рівня; $P_e^{(t)}$ – вірогідність досягнення цілі управління суб'єктом вищого рівня, який передає інформацію суб'єкту нижчого рівня.

Якщо проблему управління системою розглядати в часі, то можна ввести поняття дисипації інформації, яка суттєво може змінити оцінку вірогідності вирішення поставленої проблеми [6]. Дисипація інформації в конкретному суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ розраховується наступною формулою [6]:

$$C_{ij}(\tau) = C_0 \cdot e^{-\frac{2,3 \cdot \tau}{\tau_{ж.ц.}}}, \quad (4)$$

де C_0 – цінність інформації в момент її виникнення в суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$, яка оцінюється вірогідністю $P_{C_{ij}}^{(t)}$. τ – час від одержання інформації суб'єктом $X_{ij}^{(t)}$ до її використання; $\tau_{ж.ц.}$ – величина життєвого циклу інформації (від моменту виникнення до повного старіння).

Кількість інформації у суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ з урахуванням старіння розраховується наступним чином:

$$Wp_{ij}^{(t)} = W_{ij}^{(t)} - C_{ij}^{(t)} \quad (5)$$

Зауваження. В подальшому при розрахунках замість $Wp_{ij}^{(t)}$ будемо брати $Wp_{C_{ij}}^{(t)}$ з урахуванням (4).

Кількість інформації для кожного суб'єкта з урахуванням формул (2) і (3) будемо розраховувати наступним чином. Нехай величина інформації в момент $(t-1)$ у кожного суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ дорівнює $W_{ij}^{(t-1)}(p)$. Тоді в наступний момент t у суб'єкта $X_{ij}^{(t)}$ буде кількість інформації, яку він одержить під впливом на нього інформації суб'єкта вищого рівня $X_{kl}^{(t)}$, який передає йому інформацію:

$$W_{ij}^{(t)}(p) = W_{ij}^{(t-1)}(p) + V_{kl}^{ij(t)}(p). \quad (6)$$

Вірогідність виконання поставленої задачі у суб'єкта вищого рівня $X_{ij}^{(t)}$ теж буде змінюватися в результаті надходження до нього інформації від суб'єкта нижчого рівня. Вона буде розраховуватися для тривірневої системи, як мінімум вірогідності інформації від суб'єктів нижчого рівня, від яких до нього надходить інформація, тобто

$$p_{ij}^{(t)} = \min_j \left\{ p_{kj}^{(t-1)} \right\}, \quad k = i, i+1; j = \overline{1, n_k}; i = \overline{1, (k-1)}. \quad (7)$$

Враховуючи вплив на суб'єкта нижчого рівня інформації від суб'єкта вищого рівня кількість його інформації буде розраховуватися за формулою:

$$W_{n\ ij}^{(t)} = W_{n\ ij}^{(t-1)} + V_{e\ ij}^{kl(t)} \quad (8)$$

або в оцінках вірогідності

$$p_{n\ ij}^{(t)} = \max(p_{e\ ij}^{(t-1)}, p_{V\ ij}^{(t)}) \quad (9)$$

При $i = k$, тобто при обміні інформацією суб'єктів $X_{kj}^{(t)}$ і $X_{kl}^{(t)}$, які знаходяться на одному рівні, вірогідність інформації для суб'єкта вищого рівня, який одержує від них інформацію розраховується як

$$p_{C\ (i+1)j}^{(t)} = \prod_i^{i+k} p_{V\ ij}^{kl(t)} \quad (10)$$

Для прикладу опишемо процес обміну інформацією між суб'єктами трирівневої моделі (див. рис. 2). В обсягах кількості інформації для суб'єкта $X_{11}^{(t)}$ це буде виглядати наступним чином:

$$Wp_{11}^{(t)} = Wp_{11}^{(t-1)} + Vp_{21}^{11(t-1)} + Vp_{22}^{11(t-1)} + Vp_{22}^{21(t-1)} + Vp_{21}^{22(t-1)} \quad (11)$$

В оцінках вірогідності це розраховуватиметься наступним чином:

$$p_{11}^{(t)} = \max\left\{p_{11}^{(t-1)}; \min\left\{p_{21}^{11(t-1)}; p_{22}^{11(t-1)}; p_{22}^{21(t-1)} \times p_{21}^{22(t-1)}\right\}\right\} \quad (12)$$

Для моделі з довільною ієрархічністю вираз (12) можна представити як:

$$p_{ij}^{(t)} = \max_{i,j} \left\{ p_{ij}^{(t-1)}; \prod_{j=1}^{n_k} p_{ij}^{kl(t-1)} \right\} \quad i, k = \overline{1, K}; j = \overline{1, n_k} \quad (13)$$

В процесі розрахунків за моделлю необхідно, щоб кількість інформації у кожного суб'єкта управління відповідала умові

$$\mu < W_{ij}^{(t+k)} < \nu, \quad i = \overline{1, k}; j = \overline{1, n_k} \quad (14)$$

де μ і ν – нижня і верхня межі допустимої кількості інформації у суб'єктів системи для якісного рішення задачі управління.

Число k вважаємо числом кроків для одержання необхідного для рішення задачі алгоритму. Якщо на якомусь кроці деякі суб'єкти вже одержать необхідну інформацію, то їх потрібно виключити з подальших розрахунків за допомогою $p_{ij}^{(t)} = 0$. Наприклад, якщо для трирівневої системи суб'єкт $X_{21}^{(t)}$ на m -му кроці одержав необхідну кількість інформації, то далі потрібно розглядати лише суб'єкти X_{22} , X_{31} , X_{32} .

Література

1. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д.Макко, И. Такаха. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
2. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели / В. И. Арнольд. – М.: МЦНМО, 2004. – 32 с.
3. Кузнецова Д. В. Математическое моделирование коммуникационных процессов в социальных средах / Д. В. Кузнецова, Н. А. Митин // VI Международная конференция Математика, компьютер, образование. Пушчино. 24–31. Январь, 1999 г. – М., 1999.
4. Базыкин А. Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций / А. Д. Базыкин. – М.: Наука, 1985.
5. Корогодина В. И. Информация как основа жизни / В. И. Корогодина, В. Л. Корогодина. – Дубна: Феникс, 2000. – 208 с.
6. Деревяшко В. В. Влияние фактора старения информации на ее ценность для организации / В. В. Деревяшко. – Ростов н/Д: РИНХ, 2010.

References

1. Mesarovic M., Makko D., Takahara I. Theory of hierarchical multilevel systems. M: Mir publishing house, 1973. - 344c.
2. Arnold V.I. "Hard" and "soft" mathematical models. M.: MTSNMO, 2004. / 32 p.
3. Kuznetsova D.V., Mitin N.A. Mathematical modeling of communication processes in social environments. VI International Conference. Mathematics, computer, education. Pushchino. 24–31. January, 1999, Theses, Moscow, 1999.
4. Bazykin A.D. Mathematical biophysics of interacting populations. M: Nauka. 1985.
5. Korogodin V.I., Korogodina V.L. Information as the basis of life. - Dubna: Publishing Center "Phoenix", 2000. - 208c.
6. Derevyashko V.V. The impact of information aging on its value to the organization. Rostov State Economic University "RINH" 2010.

Рецензія/Peer review : 25.04.2019

Надрукована/Printed : 11.06.2019
Рецензент: д. е. н., проф. Гончар О. І.