Инженерный вестник Дона, №5 (2024)
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9205

Исследование динамической модели внедрения инноваций в организациях

Д.Л. Нинидзе

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Представлена динамическая модель с двумя уровнями, представляющая собой процесс внедрения инноваций. Основная задача данной статьи – это провести аналитическое исследование модели и с разными информационными регламентами, построить на их основе решения для нахождения наилучшего возможного управления субъектов системы. Система состоит из нескольких субъектов управления (центр, агенты), система иерархическая. Центр управляет процессом внедрения инноваций, агенты продвигают инновации. Но при этом агенты имеют сторонние доходы от деятельности, не связанной с продвижением инноваций. Используются принцип максимума Понтрягина для аналитического исследования, информационные регламенты игр Гермейера Г1, Г2. Построены численные решения, проведены эксперименты, дан анализ результатам в ходе исследования.

Ключевые слова: аналитическое исследование, принцип максимума Понтрягина, побуждение, принуждение, игры Гермейера Г1, Г2, оптимальное управление.

Введение

Внедрение инновационных технологий требует перестройки структуры управления и его усовершенствования. Это приводит к значительным затратам субъектов внедрения (как материальных, например, деньги, так и физических, например, время на выполнение работы) и не дает мгновенного экономического эффекта. Поэтому нужен субъект управления верхнего уровня (центр), который учитывает перспективы развития всей системы управления и который правильно сможет согласовать процессы внедрения инноваций в области программного обеспечения и сторонней деятельности субъектов нижнего уровня (агенты). Общей стратегии внедрения инноваций для всех организаций нет. Выделим работы, в которых описаны процессы внедрения инноваций.

В [1] исследуются основные модели для финансирования. Это рыночная, корпоративно-государственная, сетевая, мезо-корпоративная. Они используются в ведущих странах для лучшего финансирования инновационных технологий. В работе анализируются достоинства и недостатки, а также рассматриваются примеры стран, которые используют все перечисленные модели. В [2] рассматривается какими могут быть источники финансирования. Это могут быть государственные, из собственных средств организаций или коммерческие. Предлагаются модели финансирования рыночная, корпоративно-государственная, сетевая, мезо-корпоративная, обсуждаются соответствующие условия, цели и задачи организации, необходимые для того, чтобы развивались системы поддержки роста инноваций. На основе предложенных элементов делается вывод о преимуществах использования моделей в условиях финансово-мирового кризиса рынка. В [3 – 5] рассматриваются различные методы, рекомендации для поддержки инновационного развития организаций, источники и выбор необходимых моделей, которые соответствуют условиям, целям и задачам организаций. В [6 – 7] рассматриваются различные аспекты, относящиеся к оценке инноваций. Это определения, системы измерения и показатели, которые были предложены авторами и используется ими на практике.

Основная идея данной статьи состоит в сравнении разных методов управления в иерархии информационных регламентов игр Гермейера Г1, Г2 при побуждении и принуждении для определения их эффективности в задаче внедрения инноваций, в нахождении наилучшего возможного управления для центра и агентов путем согласования процессов внедрения инновационных технологий в области программного обеспечения предприятия и сторонней деятельности субъектов нижнего уровня. После анализа выигрышей субъектов верхнего уровня, проводится оценка эффективности разных методов управления и индекса системной согласованности. Данный подход предложил Кононенко А. Ф. и его ученики.

Постановка задачи

Динамическая модель основана на [8].

Доходы субъектов системы представлены в виде целевых функционалов и имеют следующий вид:

- для центра:

$$J_0\big(v,u,s(t)\big) = \int_0^T e^{-\rho t}\big(x_s\big(s(t)\big) - y_s(u) + \theta(v)\big)dt \to \max_u$$

(1)

- для i-го агента:

$$J_i(v,u,s(t)) = \int_0^T e^{-\rho t}\big(x_a\big(s(t)\big) - y_a\big(v_i(t)\big) + g_i\big(T_{max} - v_i(t)\big) + h_i(v,u_i(t))\big)\,dt \to \max_{v_i(t)}$$

(2)

$$v_{min} \le v_i(t) \le v_{max}, \quad (3)$$

$$u_{min} \le u_i(t) \le u_{max}, \quad (4)$$

Динамика системы получена на основе [8] и описывается уравнением:

$$ds(t) = [\alpha S_u + S_v - \delta s(t)]dt; s(0) = s_0$$

(5)

Здесь α, δ – неотрицательные константы.

Условие устойчивого развития системы имеют вид

$$s(t) \le s_{max};\ s_{max} = const.$$

(6)

Постоянная s_{max} выражает экспертно-оцениваемый допустимый уровень качества внедрения инноваций.

Проводится идентификация функций, входящих в выражения (1)-(6), на основе [8], [9].

После идентификации целевые функционалы субъектов имеют вид:

- для центра, метод побуждения:

$$J_0 = \int_0^T e^{-\rho t}(\gamma_s \cdot s(t) - S_u + C_2 S_v)dt \to \max_u$$

(7)

- для центра, метод принуждения:

$$J_0 = \int_0^T e^{-\rho t}\left(\gamma_s \cdot s(t) - S_u + C_2 S_v - a {S_q}^{\vartheta}\right)dt \to \max_q$$

(8)

- для i-го агента:

$$J_i = \int_0^T e^{-\rho t}\left(\gamma_a \cdot s(t) - l \cdot v_i^{\lambda}(t) + c_i \cdot \left(T_{\max} - v_i(t)\right) + \frac{S_v}{100} \cdot u_i(t)\right)dt \to \max_{v_i(t)}$$

(9)

В следующих разделах исследуется модель (3)-(9).

Аналитическое исследование

Принцип максимума Понтрягина [10] – это метод исследования задач оптимального управления. Пусть в качестве входных функционалов центра, агентов (ведомых) используются (7), (8) соответственно. Математическая модель объектов управления описывается системой уравнений (5), (6). Решение находится аналитически в случае однородных агентов.

Решается задача агентов (ведомых).

$$H\left(v(t), s(t), \psi(t)\right) = \gamma_a \cdot s(t) - l \cdot v^{\lambda}(t) + c \cdot (T_{max} - v(t)) + \frac{S_v}{100} \cdot u(t) + \psi(t) \cdot \left(\alpha S_u + S_v - \delta s(t)\right)$$

Тогда

$$v^0(t) = \sqrt[\lambda-1]{\frac{\psi(t) - c + 0.01 \cdot u(t)}{\lambda \cdot l}}$$

$$\frac{\partial H}{\partial v^2} = -l \cdot \lambda \cdot (\lambda - 1) \cdot v^{\lambda-2}(t) < 0$$

Решается система:

$$\begin{cases} -\frac{\partial H}{\partial s} = \dot{\psi} = \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\gamma_a + \delta \cdot \psi(t) \\ \psi(T) = 0 \end{cases}$$

Тогда:

$$v^0(t) = \sqrt[\lambda-1]{\frac{\gamma_a}{\lambda \cdot l \cdot \delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) - \frac{c_i}{\lambda \cdot l} + \frac{0.01 \cdot u(t)}{\lambda \cdot l}}$$

(10)

Оптимальное управление агента задаётся формулой:

$$v^*(t) = \begin{cases} v_{min} & \text{если} \quad v^0(t) < v_{min} \\ v^0(t) & \text{если} \quad v_{min} \le v^0(t) \le v_{max} \\ v_{max} & \text{если} \quad v^0(t) > v_{max} \end{cases}$$

Вводятся обозначения:

$$\widetilde{u_1}(t) = 200 \cdot l \cdot v_{min} - \frac{100 \cdot \gamma_a \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right)}{\delta} + 100 \cdot c$$

$$\widetilde{u_2}(t) = 200 \cdot l \cdot v_{max} - \frac{100 \cdot \gamma_a \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right)}{\delta} + 100 \cdot c$$

Тогда в предположении, что $u_{min} \le \widetilde{u_1}(t) \le \widetilde{u_2}(t) \le u_{max}$, с учетом (10), получается:

$$v^*(t) = \begin{cases} v_{min} & \text{если} \quad u_{min} \le u(t) < \widetilde{u_1}(t) \\ v^0(t) & \text{если} \quad \widetilde{u_1}(t) \le u(t) \le \widetilde{u_2}(t) \\ v_{max} & \text{если} \quad \widetilde{u_2}(t) < u(t) \le u_{max} \end{cases}$$

Оптимальное управление центра рассматривает три случая: $u_{min} \le u(t) < \widetilde{u_1}(t)$ (тогда $v^*(t) = v_{min}$), $\widetilde{u_1}(t) \le u(t) \le \widetilde{u_2}(t)$ (тогда $v^*(t) = v^0(t)$), $\widetilde{u_2}(t) < u(t) \le u_{max}$ (тогда $v^*(t) = v_{max}$).

Решается задача центра.

Если $u_{min} \le u(t) < \widetilde{u_1}(t)$, то, подставив v_{min} в (7), точками интереса на промежутке $u_{min} \le u(t) < \widetilde{u_1}(t)$ будут $u_{min}, \widetilde{u_1}(t)$.

Решаются две системы с подстановкой $v_{min}, u_{min}, \widetilde{u_1}(t)$ в (5).

$$\begin{cases} \dot{s} = \frac{\partial s}{\partial t} = [\alpha \cdot N \cdot u_{min} + N \cdot v_{min} - \delta s(t)] \\ s(0) = s_0 \end{cases}$$

$$\dot{C(t)} \cdot e^{-\delta t} - \delta \cdot C(t) \cdot e^{-\delta t} = \alpha \cdot N \cdot u_{min} + N \cdot v_{min} - \delta \cdot C(t) \cdot e^{-\delta t}$$

Тогда:

$$s^0(t) = C(t) \cdot e^{-\delta t} = s_0 \cdot e^{-\delta t} + \frac{\left(1 - e^{-\delta t}\right) \cdot N}{\delta} \cdot (\alpha \cdot u_{min} + v_{min})$$

$$\begin{cases} \dot{s} = \frac{\partial s}{\partial t} = \left[\alpha \cdot N \cdot \left(200 \cdot l \cdot v_{min} - \frac{100 \cdot \gamma_a \cdot (1 - e^{\delta(t-T)})}{\delta} + 100 \cdot c\right) + N \cdot v_{min} - \delta s(t)\right] \\ s(0) = s_0 \end{cases}$$

$$\dot{C}(t) \cdot e^{-\delta t} - \delta \cdot C(t) \cdot e^{-\delta t} = \left[\alpha \cdot N \cdot \left(200 \cdot l \cdot v_{min} - \frac{100 \cdot \gamma_a \cdot (1 - e^{\delta(t-T)})}{\delta} + 100 \cdot c\right) + N \cdot v_{min} - \delta \cdot C(t) \cdot e^{-\delta t}\right]$$

Тогда:

$$s^0(t) = C(t) \cdot e^{-\delta t} = s_0 \cdot e^{-\delta t} + \frac{100 \cdot \alpha \cdot N}{\delta} \cdot \left[\left(1 - e^{-\delta t}\right) \cdot \left(2 \cdot l \cdot v_{min} - \frac{\gamma_a}{\delta} + c\right) + \frac{\gamma_a \cdot (e^{\delta(t-T)} - e^{-\delta(t+T)})}{2 \cdot \delta}\right] + \frac{N \cdot v_{min}}{\delta} \cdot \left(1 - e^{-\delta t}\right)$$

Если $\widetilde{u_2}(t) < u(t) \leq u_{max}$, то, подставив v_{max} в (7) и решая аналогичным образом, как было сделано выше, точками интереса на промежутке $\widetilde{u_2}(t) < u(t) \leq u_{max}$ будут $\widetilde{u_2}(t), u_{max}$.

Решаются две системы с подстановкой $v_{max}, \widetilde{u_2}(t), u_{max}$ в (5).

$$\begin{cases} \dot{s} = \frac{\partial s}{\partial t} = [\alpha \cdot N \cdot u_{max} + N \cdot v_{max} - \delta s(t)] \\ s(0) = s_0 \end{cases}$$

Тогда:

$$s^0(t) = C(t) \cdot e^{-\delta t} = s_0 \cdot e^{-\delta t} + \frac{(1 - e^{-\delta t}) \cdot N}{\delta} \cdot (\alpha \cdot u_{max} + v_{max})$$

$$\begin{cases} \dot{s} = \frac{\partial s}{\partial t} = \left[\alpha \cdot N \cdot \left(200 \cdot l \cdot v_{max} - \frac{100 \cdot \gamma_a \cdot (1 - e^{\delta(t-T)})}{\delta} + 100 \cdot c\right) + N \cdot v_{max} - \delta s(t)\right] \\ s(0) = s_0 \end{cases}$$

Тогда:

$$s^0(t) = C(t) \cdot e^{-\delta t} = s_0 \cdot e^{-\delta t} + \frac{100 \cdot \alpha \cdot N}{\delta} \cdot \left[\left(1 - e^{-\delta t}\right) \cdot \left(2 \cdot l \cdot v_{max} - \frac{\gamma_a}{\delta} + c\right) + \frac{\gamma_a \cdot (e^{\delta(t-T)} - e^{-\delta(t+T)})}{2 \cdot \delta}\right] + \frac{N \cdot v_{max}}{\delta} \cdot \left(1 - e^{-\delta t}\right)$$

Если $\widetilde{u_1}(t) \leq u(t) \leq \widetilde{u_2}(t)$, то, подставив (10) в (7), решается задача

$$H\big(u(t), s(t), \psi(t)\big) =$$

$$\gamma_s \cdot s(t) - S_u + C_2 \cdot N \cdot \sqrt[\lambda-1]{\frac{\gamma_a}{\lambda \cdot l \cdot \delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) - \frac{c}{\lambda \cdot l} + \frac{0.01 \cdot u(t)}{\lambda \cdot l}} + \psi(t) \cdot$$

$$\left(\alpha S_u + N \cdot \sqrt[\lambda-1]{\frac{\gamma_a}{\lambda \cdot l \cdot \delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) - \frac{c}{\lambda \cdot l} + \frac{0.01 \cdot u(t)}{\lambda \cdot l}} - \delta s(t)\right)$$

Тогда:

$$u^0(t) = 100 \cdot \lambda \cdot l \cdot \left(\sqrt[2-\lambda]{\left(\frac{100 \cdot \lambda \cdot l \cdot (\lambda-1)}{N} \cdot \left(\frac{1 - \alpha \cdot \psi(t)}{\psi(t) + C_2}\right)\right)^{\lambda-1}} - \frac{\gamma_a}{\lambda \cdot l \cdot \delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) + \frac{c}{\lambda \cdot l}\right)$$

Решается система:

$$\begin{cases} -\frac{\partial H}{\partial s} = \dot{\psi} = \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\gamma_s + \delta \cdot \psi(t) \\ \psi(T) = 0 \end{cases}$$

Тогда:

$$u^0(t) = 100 \cdot \lambda \cdot l \cdot \left(\sqrt[2-\lambda]{\left(\frac{100 \cdot \lambda \cdot l \cdot (\lambda-1)}{N} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\alpha \cdot \gamma_s}{\delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right)}{\frac{\gamma_s}{\delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) + C_2}\right)\right)^{\lambda-1}} - \frac{\gamma_a}{\lambda \cdot l \cdot \delta} \cdot \left(1 - e^{\delta(t-T)}\right) + \frac{c}{\lambda \cdot l}\right)$$

(11)

С подстановкой (10), (11) в (5) получается система, которую невозможно решить аналитически, но возможно путем имитации.

Таким образом, решением, в зависимости от входных данных, является одна из семи точек: $(v_{min}; u_{min})$, $(v_{min}; \widetilde{u_1})$, $(v^0(t); \widetilde{u_1})$, $(v^0(t); u^0(t))$, $(v^0(t); \widetilde{u_2})$, $(v_{max}; \widetilde{u_2})$, $(v_{max}; u_{max})$.

Информационные регламенты игр Гермейера Г1, Г2

Пусть n=2; T_{max}=16 часов, v_{min} = 1 час, v_{max} = 16 часов, s_{min} = 1000, s_{max} = 13000, u_{min} = 2000 руб., u_{max} = 5000 руб., q_{min} = 1 час, q_{max} = 16 часов, u_i = 1500 руб. (i=1,2). Менялись величины C_2, α, λ,γ_s, γ_a, c, l, δ.

Таблица 1

Входные величины численных экспериментов

№	C_2	α	λ	γ_s	γ_a	c_1	c_2	l	δ
1	50	3	4,1	11	3	120	240	3	1
2	60	14	2,6	5	6	130	260	2	4
3	70	8	3,1	10	7	140	280	6	5
4	100	10	2,4	7	15	150	300	5	3
5	70	7	2,9	8	5	70	140	10	7

Ниже приняты сокращения: J_0 – выигрыш центра, K – коэффициент системной согласованности, *Imp* – побуждение, *Com* – принуждение без затрат на административный контроль агентов, ST – игра Гермейра Г1, IST – игра Гермейра Г2.

Результаты вычислений в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Результаты численных экспериментов

№	*Imp*				*Com*			
	ST		IST		ST		IST	
	J_0	K	J_0	K	J_0	K	J_0	K
1	70554	0.95	74229	1	70741	1	70741	1
2	78247	0.96	80116	0.98	79297	1	79297	1
3	195943	0.98	199618	1	189348	1	189348	1
4	70554	0.95	74229	1	70741	1	70741	1
5	30730	0.89	34405	1	25343	1	25343	1

Таблица 3

Индексы относительной эффективности участников при разных информационных регламентах

№	*Imp*		*Com*	
	SCI	K_1/K_2	*SCI*	K_1/K_2
1	0.95	0.95/1	1	1/1
2	0.98	0.96/0.98	1	1/1
3	0.98	0.98/1	1	1/1
4	0.95	0.95/1	1	1/1
5	0.89	0.89/1	1	1/1

Ниже приведены выводы из полученных результатов.

1. В игре Гермейера Г1 при побуждении коэффициент системной согласованности отличается при принуждении. При побуждении

коэффициени меняется от значения 0.06 до 0.99, а при принуждении в большинстве примеров строго равен единице. В игре Г2 наблюдается такая же ситуация.

2. В игре Г1 в случае побуждения центр получает меньший выигрыш, чем в игре Г2. Иная ситуация в случае принуждения, когда для всех входных данных выигрыши центра одинаковы для обоих информационных регламентов.

3. Выигрыши центра с ростом коэффициента γ_s растут. В игре Г1 в случае побуждения коэффициент системной согласованности увеличивается, а в остальных случаях равен единице.

4. Выигрыши агентов с ростом коэффициента γ_a растут, но выигрыши центра и коэффициент системной согласованности остаются постоянными.

5. Выигрыши агентов в случае игры Г1 при побуждении при увеличении дохода агентов от частной деятельности, т. е. коэффициентов c_1, c_2, растут, а в остальных случаях не меняются. При этом выигрыши центра и коэффициент системной согласованности остаются постоянными.

6. При увеличении величины параметра l доходы агентов уменьшаются. Но при этом доходы центра и коэффициент системной согласованности остаются постоянными.

7. При увеличении государственной поддержки центру за агентов, т. е. коэффициента C_2, увеличиваются выигрыши центра, выигрыши агентов остаются постоянными, а в случае игры Г1 при побуждении уменьшается коэффициент системной согласованности.

8. При увеличении коэффициента α увеличиваются выигрыши центра и агентов, при побуждении коэффициент системной согласованности растет, а при принуждении равен единице.

9. При увеличении коэффициента δ уменьшаются выигрыши центра и агентов, в случае игры Г1 при побуждении коэффициент системной согласованности так же уменьшается, а в остальных случаях равен единице.

10. Индексы относительной эффективности участников при побуждении меняются от 0,72 до 0,99, а при принуждении равны единице.

Общие выводы:

1. Игра Гермейера Г2 выгоднее для субъектов системы, так как дает большие выигрыши центру и агентам. Также выше коэффициент системной согласованности.

2. Если не учитывать затраты на административный контроль агентов, то метод принуждения будет выгоднее, чем метод побуждения.

3. Выигрыши центра и агентов при аналитическом решении и при игре Г1 при побуждении примерно одинаковые. Т. е. использование игры Г1 может заменить аналитическое решение.

Заключение

В процессе исследования динамической модели с несколькими агентами разработана комплексная методика исследования процесса внедрения инноваций в компании, включающей в себя вычислительные методы, математические модели, алгоритмы нахождения решений, их программную реализацию. Данная система служит основой для поддержки решений в управлении по контролю сотрудников, которые осуществляют внедрение инноваций в области компьютерных технологий в организации. Так же данная система используется для обработки данных.

Литература

1. Куликов И. Н. Модели финансирования инновационных технологий // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 8/2015. URL: uecs.ru/innovacii-investicii/item/3679-2015-08-28-07-07-34.

2. Афанасьев А. А. Использование производственной функции Кобба – Дугласа, построенной по панельным данным, при анализе обрабатывающих производств России // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, №6. – С. 2363–2380.

3. Макаров А. С., Сазанова Д. А. Источники и модели финансирования инновационной деятельности организации – Москва: Финансовая аналитика: проблемы и решения, издательство: ООО "Издательский дом Финансы и Кредит", ISSN: 2073-4484, eISSN: 2311-8768, 2011, № 18 – с. 42-46.

4. Нинидзе Д. Л., Угольницкий Г. А., Усов А. Б. Управление внедрением инноваций при различных информационных регламентах // Управление большими системами: сборник трудов. Выпуск 105 – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2023. – С. 85–109. – ISSN 1819-2440.

5. Акерман Е. Н., Михальчук А. А., Спицын В. В., Чистякова Н. О. Оценка имитационного потенциала IT-компаний при помощи производственной функции Кобба–Дугласа // ВЕСТНИК НГУЭУ. – 2019. – №4. – С. 130–142.

6. Hossain H.M., Majumder A., Basak T. An Application of Non–Linear Cobb-Douglas Production Function to Selected Manufacturing Industries in Bangladesh // Open Journal of Statistics. – 2012. – Vol. 2, No. 4. – pp. 460–468.

7. Edison H., Bin Ali N., Torkar R. Towards innovation measurement in the software industry // J. of Systems and Software. – Netherlands: Elsevier, 2013. – pp. 1390-1407.

8. Ngo Van Long, Gerhard Sorger, A dynamic principal-agent problem as a feedback Stackelberg differential game // CSIE Working Papers (WP) – Center for

Studies in European Integration Academy of Economic Studies Of Moldova, apr. 2009. – pp. 491-509.

9. Katherine J. Klein, Amy Buhl Conn, and Joann Speer Sorra. Implementing computerized technology: An organizational analysis // J. of Applied Psychology – USA: American Psychological Association Inc., 2001, V. 86, No 5, pp. 811–824.

10. Ведякова А. О., Милованович Е. В., Слита О. В., Тертычный-Даури В.Ю. Методы теории оптимального управления. Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2021. — 219 с.

References

1. Kulikov I. N. Upravlenie e`konomicheskimi sistemami: e`lektronny`j nauchny`j zhurnal, 8/2015. URL: uecs.ru/innovacii-investicii/item/3679-2015-08-28-07-07-34.

2. Afanas'ev A. A. Kreativnaya e`konomika, 2022, vol. 16, No.6, pp. 2363-2380.

3. Makarov A. S., Sazanova D. A. Moskva: Finansovaya analitika: problemy` i resheniya, izdatel`stvo: OOO "Izdatel`skij dom Finansy` i Kredit", ISSN: 2073-4484, eISSN: 2311-8768, 2011, № 18, pp. 42-46.

4. Ninidze D. L., Ougolnitsky G. A., Usov A. B. Upravlenie bol`shimi sistemami: sbornik trudov. Vy`pusk 105. Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2023, pp. 85-109, ISSN 1819-2440.

5. Akerman E. N., Mihal'chuk A. A., Spicyn V. V., CHistyakova N. O. VESTNIK NGUE`U, 2019, No.4, pp. 130-142.

6. Hossain HM., Majumder A., Basak T. Open Journal of Statistics, 2012, Vol. 2, No. 4, pp. 460–468.

7. Edison H., Bin Ali N., Torkar R. J. of Systems and Software, Netherlands: Elsevier, 2013, pp. 1390-1407.

8. Ngo Van Long, Gerhard Sorger. CSIE Working Papers (WP), Center for Studies in European Integration Academy of Economic Studies Of Moldova, apr. 2009, pp. 491-509.

9. Katherine J. Klein, Amy Buhl Conn, and Joann Speer Sorra. J. of Applied Psychology, USA: American Psychological Association Inc., 2001, V. 86, No 5, pp. 811-824.

10. Vedyakova A.O., Milovanovich E.V., Slita O.V., Tertychnyj-Dauri V.YU. Metody` teorii optimal`nogo upravleniya. Uchebnoe posobie [Methods of optimal management theory. A study guide]. SPb.: Universitet ITMO, 2021, 219 p.

Дата поступления: 21.03.2024

Дата публикации: 30.04.2024