

УДК 65.012.226

О.В. Єгорченков

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ФОРМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Розглянуто методології візуалізації інформації в управлінні проектами. Розроблено математичну модель вибору форм візуалізації інформації

Ключові слова: управління проектами, математична модель, інформація.

Постановка проблеми

Ми живемо в інформаційній вік. Інформація оточує нас всюди. Управління проектами не є виключенням. Під час виконання проекту постійно накопичуються різноманітні дані про проект, про хід його виконання, про проблеми, які виникають у проекті і т.д.

При цьому постійно зростає кількість інформації, яку необхідно обробити та проаналізувати. Не слід забувати, що на основі цієї інформації приймаються управлінські рішення, які мають вплив на виконання всього проекту в цілому. Інколи виникають моменти, коли рішення необхідно прийняти швидко. Тому зрозуміло, що правильна інтерпретація інформації має велике значення для виконання проектів.

Відомо, що графічна інформація на відміну від текстової набагато швидше сприймається людиною. Представлення даних в інтуїтивно зрозумілому для керівника вигляді дозволяє орієнтуватися у великих об'ємах інформації, відсікаючи непотрібну. Ніякий словесний опис не може замінити графічне зображення. Можливість візуалізації інформації дозволяє швидше приймати ефективні рішення. Результати, отримані в процесі візуалізації даних і виявлення пріоритетів є основою для ухвалення ефективних рішень.

Але інформація у графічному вигляді може бути наведена численними способами. Існує багато видів форм візуалізації і для конкретного випадку необхідно підібрати таку форму візуалізації, яка найбільш наглядно і зрозуміло для керівника дозволить донести інформацію.

Таким чином виникає проблема вибору форми візуалізації інформації для розв'язання функціональних задач управління проектами.

Аналіз основних досліджень і публікацій

На сьогодні проблема візуалізації інформації є дуже актуальною. Навіть існує наукова дисципліна, яка має назву «наукова візуалізація» [1]. В основному в цих роботах розглядаються види

візуалізації даних та алгоритми побудови візуалізацій, наприклад в роботах [2;3]. Багато робіт присвячено прикладам використання методів і засобів візуалізації в різних предметних областях. Але відсутні роботи, які присвячені розробці спеціальних моделей і методів вибору форм візуалізації інформації в управлінні проектами.

Формулювання цілі статті

Запропоновано нову математичну модель вибору форм візуалізації при розв'язанні задач управління проектами.

Основний матеріал досліджень

При розв'язанні функціональних задач управління проектами необхідно надавати інформацію у зручному для керівника вигляді, що є основою для прийняття ефективних рішень. Для цього необхідно математично формалізувати процес вибору форм візуалізації. Для розробки математичної моделі вибору форм візуалізації при розв'язанні функціональних задач управління проектами скористуємося математичним апаратом теорії несилової взаємодії [4;5]. Сформулюємо основні визначення.

Несилова взаємодія – це взаємна дія двох чи більше контрагентів взаємодії на внутрішню організацію один одного, зміна якої призводить до зміни в їх проявах (діях).

В теорії несилової взаємодії категорія внутрішньої організації отримала назву «інтроформація».

Внутрішня організація контрагентів несилової взаємодії формує їх відношення до сутностей предметної області.

Звідси випливає ще одне визначення.

Процес несилової взаємодії – це процес обміну інформацією, отримання якої призводить до зміни внутрішньої організації контрагентів взаємодії, яка визначає їх відношення до сутностей предметної області і призводить до змін в проявах (діях) цих контрагентів.

Сутності предметної області – об’єкти чи процеси, що формують понятійну область, яка зрозуміла, контрагентам взаємодії.

Відношення до сутностей предметної області – згода чи незгода з проявами сутностей предметної області.

Наприклад, це згода чи незгода з отриманням в деякій ситуації тієї чи іншої форми візуалізації з тим чи іншим інформаційним наповненням.

Модель несилової взаємодії – це спрощений опис зміни відношення до сутностей предметної області у контрагентів несилової взаємодії в процесі обміну інформацією між ними.

Перейдемо до застосування математичного апарату теорії несилової взаємодії для розв’язання задач, пов’язаних з підбиранням та використанням форм візуалізації інформації у сфері управління проектами.

Якщо інформаційна технологія візуалізації реалізована згідно зі статистичними показниками, тоді в цій технології система вибору форм візуалізації реалізована таким чином, що з ймовірністю p_0 обирається форма D_0 . Але якщо у запиті на візуалізацію інформації є компоненти запиту (несилова дія) $b_j \in B, j = \overline{1, n}$, то в системі ця форма обирається з ймовірністю p_j . Необхідно оцінити ймовірність p_Σ вибору форми візуалізації D_0 для реалізації запиту B .

Формалізуємо постановку завдання. Про що свідчить різниця в ймовірностях вибору форми візуалізації D_0 ? Що в системі S під впливом запиту внутрішня організація змінилася таким чином, що вибір форми візуалізації D_0 тепер реалізується з ймовірністю p_j . Мірами внутрішньої організації є визначеність та інформованість.

Визначеність – числова міра відношення до сутностей предметної області. Одиниця визначеності відповідає прояву суб’єкта взаємодії з ймовірністю 0.853553.

Інформованість – числова міра відношення до сутностей предметної області. Одиниця інформованості відповідає такій кількості інформації, у разі отримання якої ймовірність прояву контрагента взаємодії дорівнює 0.853553, або 0.146447.

В теорії несилової взаємодії зв’язок між визначеністю та ймовірністю (в тому числі, при виборі форм візуалізації) описується формулою

$$d = \begin{cases} 0,5 \cdot \sqrt{\frac{p}{1-p} + \frac{1-p}{p}} - 2, & \text{при } p \geq 0,5 \\ -0,5 \cdot \sqrt{\frac{p}{1-p} + \frac{1-p}{p}} - 2, & \text{при } p < 0,5 \end{cases}$$

де p – ймовірність вибору деякої форми візуалізації;

d – визначеність вибору деякої форми візуалізації.

В теорії несилової взаємодії зв’язок між інформованістю та ймовірністю задається формулою

$$i = \frac{0,5}{\sqrt{p \cdot (1-p)}}$$

де i – інформованість відносно вибору деякої форми візуалізації.

З визначень визначеності та інформованості отримаємо:

$$d = \pm \sqrt{i^2 - 1} \Leftrightarrow i = \sqrt{d^2 + 1}$$

Міра несилової дії $b_j \in B, j = \overline{1, n}$ повинна відбивати різницю у визначеності та інформованості «до» і «після» змін в системі. Можна стверджувати, що причиною зміни $p_0 \rightarrow p_j$ є зміна визначеності та інформованості:

$$d_0 \rightarrow d_j \wedge i_0 \rightarrow i_j$$

де p_0 – ймовірність вибору форми візуалізації D_0 в системі S ;

d_0 – визначеність вибору форми візуалізації D_0 в системі S ;

i_0 – інформованість вибору форми візуалізації D_0 в системі S ;

d_j – визначеність вибору форми візуалізації D_0 , яка сформована компонентом запиту $b_j \in B$;

i_j – інформованість, яка відповідає визначеності d_j ;

p_j – ймовірність вибору форми візуалізації D_0 задана всіма компонентами запиту $b_j \in B$.

При цьому, з визначень визначеності та інформованості отримаємо:

$$d_0 \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{p_0}{1-p_0} + \frac{1-p_0}{p_0}} - 2; i_0 = \frac{0,5}{\sqrt{p_0 \cdot (1-p_0)}}$$

$$d_j \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{p_j}{1-p_j} + \frac{1-p_j}{p_j}} - 2; i_j = \frac{0,5}{\sqrt{p_j \cdot (1-p_j)}}$$

Необхідно знайти перехід від різниці у визначеності вибору форми візуалізації D_0 у випадку, коли в запиті є компонент $b_j \in B$, до визначеності вибору форми візуалізації D_0 , що задається всіма компонентами, що входять до множини B [4-5]:

$$\forall d_j, i_j : d_0 \rightarrow d_\Sigma \wedge i_0 \rightarrow i_\Sigma \Rightarrow p_\Sigma = 0,5 + \frac{i_\Sigma}{2t_\Sigma}$$

де d_Σ – визначеність вибору форми

- візуалізації D_0 , яка сформована всіма компонентами запиту $b_j \in B$;
- i_X – інформованість, яка відповідає визначеності d_X ;
- p_X – імовірність вибору форми візуалізації D_0 при впливі всіх компонентів запиту B .

Розглянемо розв'язання цієї задачі. Для цього перефразуємо сформульовану постановку задачі.

Приклад. Нехай в деякій системі ймовірність вибору форми візуалізації X дорівнює $p(X)=0,2$. Якщо в запиті на візуалізацію є компоненти (фактори) Y , C і D , то ця ймовірність стає рівною $p(X/Y)=0,1$, $p(X/C)=0,8$ і $p(X/D)=0,05$. Необхідно оцінити $p(X/YCD)$.

Розв'язання У цьому прикладі необхідно за окремими умовними ймовірностями і безумовною ймовірністю вибору форми візуалізації оцінити спільну умовну ймовірність такого вибору. Перше питання, на яке ми повинні відповісти, пов'язане з представленням умовних і безумовних ймовірностей в атрибутах моделі несилової взаємодії [4].

Зміна ймовірності вибору форми візуалізації X , – це результат несилової дії об'єктів і процесів, пов'язаних зі змінами Y , C , і D на об'єкти і процеси, що формують вибір форми візуалізації X . Цей вплив призводить до зміни визначеності на величину $\Delta d(X)$ у тих об'єктів і процесів, які задають форму візуалізації X . Тому, за аналогією з інформаційною взаємодією у різних предметних областях, виправданим буде розрахунок ймовірності вибору форм візуалізації інформації з використанням методів і моделей теорії несилової взаємодії.

Скористаємося припущенням, що безумовна ймовірність $p(X)$ формується з невеликим впливом ймовірності $p(X/YCD)$. Дійсно, для $p(YCD) \ll 1 - p(YCD)$ це припущення правомірне. І початкову безумовну ймовірність можна представити як умовну, що фіксує ситуацію, за якої умови Y , C і D не виконуються. Тобто $p(X) \approx p(X/\overline{YCD})$. Відхилення умовної ймовірності $p(X/YCD)$ від початкової $p(X/\overline{YCD}) = p(X)$ свідчить про те, що Y , C і D пов'язані з об'єктами і процесами, що формують цю ймовірність. Точніше, про вплив на об'єкти і процеси, що формують дію з вибору форми візуалізації X .

Оскільки в цьому прикладі мова йде про несиловий (інформаційний) вплив компонентів запиту на вибір форми візуалізації, то для розв'язання завдання скористаємося математичним апаратом теорії несилової взаємодії для побудови

моделі оперуванням числовими значеннями цієї дії на процес прийняття рішень [4].

1. Обчислимо визначеності, що формують наведені ймовірності (результат несилової дії):

$$p(X) < 0,5 \Rightarrow d(X) = -0,5 \sqrt{\frac{0,2}{1-0,2} + \frac{1-0,2}{0,2}} - 2 = -0,75;$$

$$p(X/Y) < 0,5 \Rightarrow d(X/Y) = -0,5 \sqrt{\frac{0,1}{1-0,1} + \frac{1-0,1}{0,1}} - 2 = -1,333;$$

$$p(X/C) > 0,5 \Rightarrow d(X/C) = 0,5 \sqrt{\frac{0,8}{1-0,8} + \frac{1-0,8}{0,8}} - 2 = 0,75;$$

$$p(X/D) < 0,5 \Rightarrow d(X/D) = -0,5 \sqrt{\frac{0,05}{1-0,05} + \frac{1-0,05}{0,05}} - 2 = -2,065.$$

2. Обчислимо інформованості, відповідні знайденим визначеностям:

$$i(X) = \sqrt{(-0,75)^2 + 1} = 1,25;$$

$$i(X/Y) = \sqrt{(-1,333)^2 + 1} = 1,667;$$

$$i(X/C) = \sqrt{(0,75)^2 + 1} = 1,25;$$

$$i(X/D) = \sqrt{(-2,065)^2 + 1} = 2,294.$$

3. Знайдемо сумарний, за всіма діями на систему, приріст визначеності дії на вибір форми візуалізації X . Для цього можна застосувати два методи [2]:

3.1. Використовується модель взаємодії (модель 1):

$$\Delta d^P = i(X) \cdot (d(X/Y) + d(X/C) + d(X/D)) - d(X) \cdot (i(X/Y) + i(X/C) + i(X/D));$$

$$\Delta d^P = 1,25 \cdot (-1,333 + 0,75 - 2,065) + 0,75 \cdot (1,667 + 1,25 + 2,295) = 0,598.$$

3.2. Використовується модель односторонньої дії (модель 2).

Для початку введемо позначення:

$$\delta_1 = d(X/Y) \cdot i(X) - d(X) \cdot i(X/Y) = -1,333 \cdot 1,25 + 0,75 \cdot 1,667 = -0,417;$$

$$\delta_2 = d(X/C) \cdot i(X) - d(X) \cdot i(X/C) = 0,75 \cdot 1,25 + 0,75 \cdot 1,25 = 1,875;$$

$$\delta_3 = d(X/D) \cdot i(X) - d(X) \cdot i(X/D) = -2,065 \cdot 1,25 + 0,75 \cdot 2,295 = -0,860.$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = -0,417 + 1,875 - 0,860 = 0,598$$

Використаємо ці значення для обчислення деякого проміжного значення α .

$$\begin{aligned} \alpha &= \operatorname{sgn}(\delta_1) \cdot \frac{\delta_1^2}{\sqrt{\delta_1^2 + 1}} + \operatorname{sgn}(\delta_2) \cdot \frac{\delta_2^2}{\sqrt{\delta_2^2 + 1}} + \\ &+ \operatorname{sgn}(\delta_3) \cdot \frac{\delta_3^2}{\sqrt{\delta_3^2 + 1}} = \operatorname{sgn}(-0,417) \cdot \frac{(-0,417)^2}{\sqrt{(-0,417)^2 + 1}} + \\ &+ \operatorname{sgn}(1,875) \cdot \frac{1,875^2}{\sqrt{1,875^2 + 1}} + \operatorname{sgn}(-0,860) \cdot \frac{(-0,860)^2}{\sqrt{(-0,860)^2 + 1}} = \\ &= 0,933. \end{aligned}$$

Тепер обчислимо збільшення визначеності:

$$\begin{aligned} \text{sign}(0,933) > 0 \Rightarrow \Delta d^E &= \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{4} + \alpha^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{0,933^2}{2} + \sqrt{\frac{0,933^4}{4} + 0,933^2}} = 1,210. \end{aligned}$$

4. Обчислимо збільшення інформованості системи, що обирає форму візуалізації:

$$\Delta i^P = \sqrt{\Delta d^{P^2} + 1} = \sqrt{0,598^2 + 1} = 1,165;$$

$$\Delta i^E = \sqrt{\Delta d^{E^2} + 1} = \sqrt{1,210^2 + 1} = 1,570.$$

5. Обчислимо нову визначеність системи відносно вибору форми візуалізації X :

$$\begin{aligned} d_{\Sigma}^P &= \Delta d^P \cdot i(X) + d(X) \cdot \Delta i^P = \\ &= 0,598 \cdot 1,25 - 0,75 \cdot 1,165 = -0,126; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\Sigma}^E &= \Delta d^E \cdot i(X) + d(X) \cdot \Delta i^E = \\ &= 1,210 \cdot 1,25 - 0,75 \cdot 1,570 = 0,335. \end{aligned}$$

6. Обчислимо нову інформованість системи відносно вибору форми візуалізації X :

$$i_{\Sigma}^P = \sqrt{d_{\Sigma}^{P^2} + 1} = \sqrt{(-0,126)^2 + 1} = 1,008$$

$$i_{\Sigma}^E = \sqrt{d_{\Sigma}^{E^2} + 1} = \sqrt{0,335^2 + 1} = 1,055.$$

7. Обчислимо ймовірність вибору форми візуалізації X :

$$p^P(X/YCD) \approx p_{\Sigma}^P = 0,5 + \frac{d_{\Sigma}^P}{2 \cdot i_{\Sigma}^P} = 0,5 + \frac{-0,126}{2 \cdot 1,008} = 0,437;$$

$$p^E(X/YCD) \approx p_{\Sigma}^E = 0,5 + \frac{d_{\Sigma}^E}{2 \cdot i_{\Sigma}^E} = 0,5 + \frac{-0,232}{2 \cdot 1,055} = 0,659.$$

Вона збільшилася, що свідчить про те, що можливість вибору форми візуалізації X стала більшою. Спільна дія компонентів Y , C і D створює передумови до того, що форма візуалізації X буде обрана. Дві з цих умов, Y і D зменшують ймовірність вибору X . Причому, умова D – сильно. А умова C – збільшує дуже сильно. Це дозволяє зробити висновок, що сумарний вплив Y і D менший, ніж вплив одного C .

Методи вибору форм візуалізації – методи розрахунку сумарної несилової (інформаційної) дії на об'єкти і процеси, що визначають найбільш зручну й інформативну форму візуалізації у сфері управління проектами.

Запропонована модель несилової взаємодії дає можливість отримати через спостереження за взаємодією пар об'єктів результат їх спільної дії. Звичайно, в процесі розв'язання задач у сфері управління проектами необхідно прив'язувати конкретний набір вимог керівника до того або іншого варіанта розв'язання задачі – вибору форми та змісту візуалізації. Ідея наведених методів полягає в тому, що вони вказують на очікувану

«реакцію на дію», адекватність якої впливає з експериментально отриманих закономірностей в несиловій (інформаційній) взаємодії людей.

Висновки

Засоби візуалізації є одним з найважливіших компонентів в системах підготовки та прийняття управлінських рішень у сфері управління проектами. Роль засобів візуалізації – подання інформації особі, що приймає рішення.

Розроблена математична модель вибору форм візуалізації для розв'язання функціональних задач управління проектами дозволяє удосконалити процес доведення інформації до керівництва у зручному для сприйняття вигляді. Це дасть змогу приймати більш обґрунтовані рішення, які основані на конкретних даних.

Зрозуміло, не можна заперечувати роль таких чинників, як знання предметного експерта, інтуїція, здоровий глузд та інших достоїнств евристичного мислення. Проте ефективність управлінських рішень, як підказує все той же здоровий глузд і досвід, може бути істотно підвищена шляхом застосування строгих аналітичних методів, здатних переробляти гігабайти ретроспективних даних і витягати з них у край цінні відомості про приховані закономірності, зв'язки і можливі шляхи розвитку ситуації.

Список літератури

1. Бондарев А.Е., Галактионов В.А. *Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в задачах вычислительной физики / Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша - РАН, - № 53, - 2009, 28 с.*
2. Tricoche X., Garth C. *Topological Methods for Visualizing Vortical Flows //Mathematical Foundations of Scientific Visualization, Computer Graphics, and Massive Data Exploration, Ed. by Möller T., Hamann B., Russell R., Springer-Verlag, 2009, pp.89-108.*
3. *Применение методов научной визуализации в прикладных задачах: Сб. науч. тр. – М.: МГУ, 2000. – 58с.*
4. Тесля Ю.Н. *Несиловое взаимодействия /Ю.Н.Тесля.– К.: Кондор, 2005.– 196с.*
5. Тесля Ю.Н. *Введение в информатику природы/Ю.Н.Тесля – К.: Маклаут, 2010.– 255с.*

Стаття надійшла до редколегії 10.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Д.Бушуєв, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.