

УДК 658.012.23

В.В. НАЗИМКО

Донецький національний технічний університет, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ

Технологія управління проектом підвищує його ефективність і якість. Для кількісної оцінки ефективності управління проектом необхідний відповідний критерій. Разом з тим проектне управління використовує вербальні команди, тоді як для кількісної оцінки потрібні математичні залежності. Таким чином метою статті є розробка кількісного критерію для оцінки ефективності проектного управління. Для досягнення поставленої мети було використано засоби штучного інтелекту. Було розроблено критерій для оцінки ефективності автоматизованого управління проектом в умовах дефіциту часу і обмежених проектних ресурсів. Особливості вербальних команд управління проектом було враховано за допомогою засобів нечіткої логіки. В підсумку для оцінки ефективності управління проектом було розроблено векторний критерій на основі використання фундаментального закону надлишкового виробництва ентропії. Цей критерій є пропорційним різниці між вихідним сигналом системи і сигналом управління, а також обернено пропорційний добутку релевантності правил, що використовуються для управління, на двоїчний логарифм цієї релевантності. Введення додаткових вагових коефіцієнтів правила підвищило ефективність управління проектом.

Ключові слова: оперативне управління проектом, критерій ефективності.

Вступ

Якість управління проектом є найбільш критичною компонентою, яка безпосередньо забезпечує високу ефективність проекту [1,2]. Для правильного оперативного управління проектом необхідно мати кількісну оцінку його поточної ефективності. Традиційно ефективність проекту оцінювали економічними показниками, такими як дисконтований дохід, економічний ефект і т.п. Проте у більшості випадків мета проекту є комплексною і повинна враховувати не тільки економічні показники, але й часові, просторові, екологічні і навіть соціальні. Чим далі розвивається мистецтво управління проектами, тим сильніше ускладнюється його технологія і тим більше посилюється розуміння про те, що проект прямо чи опосередковано торкається багатьох суміжних областей і галузей знань та технологій. Отже обґрунтування критерію ефективності проекту є **проблемою**, актуальність якої не тільки залишається значною, але й безперервно збільшується по мірі ускладнення систем управління проектами.

Аналіз сучасних публікацій підтверджує тенденцію до комплексування критеріїв ефективності і оптимальності управління проектами. Критерії оптимальності вдосконалюються з урахуванням часових, вартісних [3, 4], інформаційних [5], просторових [6] та інших параметрів. У зв'язку з переходом від централізованого до розподіленого управління критерії оптимальності суттєво ускладнюються і для

їх вдосконалення потрібні нові підходи [7].

Останнім часом складність задачі вибору оптимального критерію управління підвищилась, коли у багатьох спеціалістів сформувалась упевнена думка про те, що настав час вдосконалення методології управління проектами з урахуванням багатозначної логіки [8,9]. Причина полягає в тому, що нечіткі дані, які часто використовуються у процесі управління проектом необхідно трансформувати у числову форму, або використовувати неоднозначні функції у різноманітних складних операціях математичних відображень. Проте на поточний момент математична формалізація критерію оптимальності управління проектом з комплексним урахуванням розподіленого управління та неоднозначних даних відсутня. Отже **метою** даного дослідження є обґрунтування критерію оптимальності розподіленого оперативного управління проектом в умовах параметричної невизначеності, яка має нечіткий характер.

Обґрунтування такого поняття як оперативне управління проектом

Варто наголосити на тому, що поняття оперативності набуло досить широкого вжитку у сучасній літературі, присвяченій автоматизованим системам управління. Нажаль термін «оперативність управління» у більшості випадків має неоднозначну трактовку і частіше усього використовується більш як якісне і навіть емоційне поняття. Проте оперативне

управління уже сформульоване у вигляді строгої математичної концепції. Ми є прихильники такої постановки, що вже застосовується у системах автоматичного управління технологічними лініями і пристроями, космічною та військовою технікою [10].

«Оперативним» називають управління, яке здійснюється в умовах дефіциту часу на прийняття оптимального рішення. Обмеження на час, що відводиться для прийняття рішення, є принциповою відмінністю оперативного управління від класичного. Зазначимо, що допустимий ліміт часу для прийняття рішень в реальних проектах часто залежить від поточної ситуації і може сильно змінюватися в процесі реалізації проекту [1-3,4,11].

$$T_c = f(t, k_1, \dots, k_n) \leq T_0, \quad (1)$$

де T_c - поточний ліміт часу, який доступний для прийняття оперативного вирішення чергового завдання проекту, f - функція, яка залежить від поточного часу, а також параметрів проекту k_1, \dots, k_n ; T_0 - час, необхідний для прийняття оптимального рішення.

Така строга математична трактовка поняття «оперативне управління» є принциповим, тому що вона має на увазі фактичну неможливість досягти абсолютно оптимального рішення під час управління проектом. Саме тому термін «оптимальний» для оперативного управління проектом набуває нестрогий характер. Практично в умовах дефіциту часу можна прийняти рішення тільки близьке до оптимального і задача проектувальників системи оперативного управління проектом полягає у мінімізації величини відхилення.

Наприклад, добре відомо, що в умовах підземної розробки корисних копалин принципово неможливо заздалегідь спрогнозувати точне положення шарів породи у просторі, їх міцність та деформаційні показники. Тому у процесі розробки, наприклад проекту вуглеводобутку, приймають приблизні, найбільш ймовірні показники, а у ході реалізації проекту параметри спроектованої технології уточнюють з врахуванням оперативних уточнених і скорегованих даних. Тут і далі будемо демонструвати результати досліджень на прикладах підземного вуглеводобутку, який характеризується сильною невизначеністю вхідних параметрів проекту, безпрецедентно високими проектними ризиками і є основою енергетичної незалежності нашої держави.

Обґрунтування критерію оптимальності оперативного управління проектом

Оптимізація керуючого сигналу полягає у ви-

борі найбільш ефективного рішення по заздалегідь заданому векторному критерію. Векторний критерій оптимальності або міру ефективності оперативного управління будемо базувати на ентропійному показнику надмірності її виробництва [12-14]. У разі ефективного управління проектом у його середовищі виникає структура (проект переходить у стан самоорганізації). Такий перехід у системі відбувається тоді, коли її термодинамічний стан стає вельми нерівноважним і сильно чутливим до випадкових збурень або флуктуацій, що досить характерно для проекту. Такий нерівноважний стан описується у вигляді суми добутків термодинамічних сил ΔX_i на потоки ΔJ_i [12].

$$\Delta \delta S = (1/T) \sum \Delta X_i \Delta J_i, \quad (2)$$

де T означає абсолютну температуру. Величину $\Delta \delta S$ при цьому було названо надмірним виробництвом ентропії, викликаним збуренням Δ системи щодо стаціонарного нерівноважного стану. Доведено, що критерій стійкості термодинамічної системи, яка перебуває в сильно нерівноважному стані відповідає умові:

$$\Delta \delta S \geq 0. \quad (3)$$

Отже будемо шукати конкретну математичну форму для формалізації критерію оптимальності управління проектом на основі критерію оперативного управління для автоматизованих технічних систем [10], що має наступний вигляд:

$$J(\theta) = w_{-1} \sum (r(t) - y(t))^2 + w_0 \rho(u(t-1))^2 \geq 0, \quad (4)$$

де θ - вектор параметрів, що настроюються у проекті (наприклад величина вуглеводобутку, зольність рядового вугілля, його собівартість); $r(t)$ - вхідний сигнал, у якості якого використовують фактичне поточне значення регульованої величини (наприклад вуглеводобутку); $y(t)$ - вихід системи управління проектом (очікуване значення вихідної величини, або, як кажуть, уставка); $\rho(u(t-1)) \geq 0$ - функція штрафу; u - сигнал управління проектом; w_{-1} і w_0 - вагові фактори, що враховують поточний тренд виготовлення продукту проекту (наприклад вуглеводобутку) і поточне значення штрафної функції.

Особливістю технології управління проектом є те, що на відміну від класичної САУ, сигнали $r(t)$ і $y(t)$ надходять з великим запізненням (наприклад через добу, якщо мати на увазі вуглеводобуток, і навіть через місяць, що характерно для собівартості). Саме тому введені вагові фактори w_{-1} і w_0 .

Параметри $r(t)$ і $y(t)$ є однозначними і виражаються у числовій формі. Натомість штрафну функцію нами запропоновано представити у якості вели-

чини, що є обернено пропорційна до ефективності команд управління проектом. Оскільки такі команди генеруються у вербальній формі, виникає проблема їх оптимальної трансформації у числову форму для адекватного відображення оптимальності процесу управління проектом.

Зауважимо, що проект як система має фундаментальні спільні риси з класичною системою автоматизованого управління. Маємо на увазі такі риси, як отримання зовнішніх сигналів, сигналів зворотного зв'язку, збурень, а також видача команд управління. У класичних систем управління вхідні і вихідні сигнали виражені у вигляді функцій і математичних залежностей. Натомість під час управління проектом такі сигнали мають зазвичай вербальну форму. З урахуванням особливостей правил нечіткої математики команди управління проектом будемо формулювати у вигляді правил. Наприклад для управління проектом вуглевидобутку одне з правил, яке часто застосовується, формулюється так: «якщо (а) прогнозний термін завершення і-тої роботи календарного плану суттєво довший за плановий і (б) очисний вибій працює у зоні малоамплітудної порушеності і (в) механізований комплекс зношений, тоді (г) терміново провести томографію масиву гірських порід».

Для відображення правил нечіткої логіки необхідно обґрунтувати метод, який трансформує правило у числове значення. Для цього будемо мати на увазі, що правило насичене інформацією, яка фактично наповнена негентропією і яка зменшує ентропію, або невизначеність, що існувала до отримання інформації у вигляді вхідних сигналів (а), (б) і (в), а також генерації нової інформації (г) у вигляді команди управління. Ефективний спосіб трансформування інформації, вираженої у символній (не числовій) формі винайшов К. Шеннон [15]. Формулу Шеннона часто використовують у автоматизованих системах управління [16], а останнім часом стали застосовувати при вдосконаленні технології управління проектами [17]. Отже штрафну функцію у виразі (4) можна записати у вигляді наступної залежності:

$$p = 1 / (-\sum p_{i(t)} \log_2 p_{i(t)}), \quad (5)$$

де $p_{i(t)}$ - релевантність правила у базі даних; символ \log_2 використовується для визначення двоїчного логарифму. Суму знаходимо за всіма попередніми дискретними кроками часу, що минув з початку реалізації проекту.

Підкреслимо, що замість ймовірності, яка фігурує у формулі Шеннона ми використали релевантність правила. Релевантність більш точно характеризує правило, і показує не тільки частоту його за-

стосування, але й відображає ступень унікальності правила.

Практичний досвід використання розробленого критерію оптимальності управління проектами у вугільній та будівничій галузях показав доцільність подальшого удосконалення критерію. Так варто ввести додаткові вагові коефіцієнти, які характеризують технічну, економічну, екологічну, або соціальну ефективність команди, що завершує правило. Наприклад команда, яка дозволяє додатково видобути 1000 тонн на добу вугілля є більш ефективна за ту, що збільшує продуктивність очисного вибою тільки на 50 тонн/добу. Так само ефективність команди зростає з підвищенням продуктивності праці або зі зменшенням собівартості продукту проекту. Значення вагового коефіцієнту ефективності командної складової правила характеризуються унікальністю як, власне, і сам проект. Отже величини вагових коефіцієнтів ефективності правил ми визначали за допомогою методу аналогів [1].

Те ж саме стосується і вагового коефіцієнта вхідних сигналів (тобто вхідної інформації правила). Чим цінніший вхідний сигнал з точки зору технології, безпеки праці, економії ресурсів або фінансів, тим вище значення вагового коефіцієнту. В підсумку загальний ваговий коефіцієнт ефективності правила w_p визначається як добуток коефіцієнту ефективності вхідних сигналів w_c на коефіцієнт команди w_k . Отже модифікована штрафна функція приймає такий вигляд:

$$I = 1 / (-\sum w_c w_k p_{i(t)} \log_2 p_{i(t)}). \quad (6)$$

Така модифікація дозволила підняти вагу правил, які застосовуються порівняно рідко, але мають великий ефект. Таким чином введення вагових коефіцієнтів ефективності дозволило точніше визначити величину штрафної функції, а отже достовірність критерію ефективності підвищилась, що у свою чергу збільшило ефективність оперативного управління проектом.

У табл. 1 наведено дані щодо ефективності і релевантності правил управління проектом вуглевидобутку у чотирьох очисних вибоях двох вугільних шахт.

Були проаналізовані показники економічної ефективності правил, що належать до типових блоків системи автоматизованого управління проектами вуглевидобутку у механізованих лавах.

На рис. 1 наведено діаграму релевантності і ефективності правил. Можна зробити висновок про те, що в цілому вони узгоджуються між собою. Проте, після введення вагових коефіцієнтів ефективності різниця між правилами виглядає набагато чіткіше. В додаток, правило Е7, яке відноситься до команди

Таблиця 1

Фактична ефективність деяких правил та їх релевантність

Блок правил	Код	Лава 1	Лава 2	Лава 3	Лава 4	Ефективність	Релевантність
Рівень техніки безпеки	A5	0,03	0,11	0,07	0,02	0,06	0,15
Комплектація основних професій	B8	0,12	0,14	0,13	0,09	0,12	0,19
Матеріально-технічне забезпечення	B3	0,15	0,19	0,07	0,21	0,16	0,21
Рівень технічної бази	D14	0,19	0,17	0,18	0,22	0,19	0,23
Геологічні порушення	E7	0,49	0,33	0,51	0,57	0,48	0,22

управління відносно прийняття запобіжних заходів для зменшення ризику раптової зустрічі малоамплітудного порушення, показало суттєву перевагу над іншими правилами, хоча до введення вагового коефіцієнту такої переваги не було видно. Це свідчить про правильність методичного підходу щодо введення вагових коефіцієнтів правил.

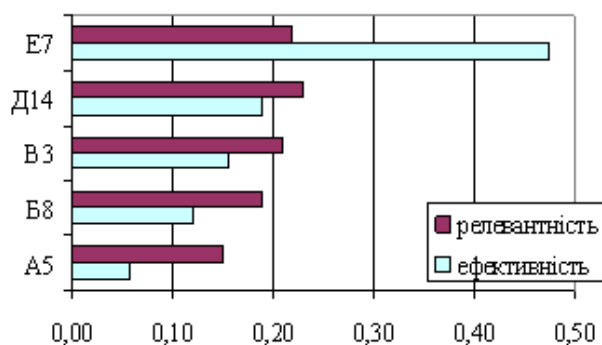


Рис. 1. Співвідношення релевантності і ефективності правил

Таким чином, можна зробити наступні **висновки**. Обґрунтований векторний критерій ефективності оперативного управління проектом в умовах браку часу і ресурсних обмежень на основі мінімізації надлишкового виробництва ентропії, величина якого пропорційна квадрату різниці фактичного сигналу системи і сигналу управління, а також обернено пропорційна добутку релевантності нечіткого правила, на підставі якого вибирається команда оперативного управління на двоїчний логарифм цієї релевантності.

Врахування вагових коефіцієнтів цінності вхідної інформації та аналогічних коефіцієнтів для команд, що входять до правил, підвищують точність і надійність визначення ефективності оперативного управління проектом.

Подальшими дослідженнями планується уточнити процедури визначення вагових коефіцієнтів правил, за якими генеруються команди управління.

Література

1. *Project management body of knowledge (PMBOK®)/ ANSI/PMI 99-001-2004.* – 388 p.

2. Ярошенко, Ф.А. *Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М [Текст]: моногр. / Ф.А. Ярошенко. С.Д. Бушуев, Х. Танака.* – К.: Саммит-Книга, 2011. – 268 с.

3. Кононенко, И.В. *Математическая модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения [Текст] / И.В. Кононенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2011. – №1/2(43). – С. 12–17.

4. *Оптимальное планирование инвестиционных вложений с учетом временных ограничений [Текст] / Е.Ю. Антипенко, И.В. Доненко, В.О. Поколенко, Ю.А. Чуприна, Д.О. Приходько // Управление развитием сложных систем: збірник наукових праць КНУБА.* – Вып. 2. – К., 2010. – С. 27–31.

5. Кононенко, И.В. *Разработка метода анализа информации для выбора оптимальной методологии управления проектом [Текст] / И.В. Кононенко, А.В. Харязий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2012. – №1/13 (55). – С. 4–7.

6. Задоров, В.Б. *Застосування методів багатокритеріальної оптимізації до планування вантажних перевезень [Текст] / В.Б. Задоров, Е.В. Федусенко, А.О. Федусенко // Управление развитием сложных систем: збірник наукових праць КНУБА.* – Вып. 2. – К., 2010. – С. 6–11.

7. Тарасова, А.В. *Модель узла розподіленої автоматизованої системи управління підприємством [Текст] / А.В. Тарасова, С.Н. Бобилев // Вісник СевНТУ. Серія автоматизація процесів та управління: збірник наукових праць СевНТУ.* – Вып. 125. – Севастополь, 2012. – С. 129–133.

8. Кононенко, И.В. *Модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта при нечетких исходных данных [Текст] / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2013. – №1/10 (61). – С. 9–13.

9. Нефёдов, Л.И. *Выбор СУБД в условиях нечеткой информации [Текст] / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2012. – №1/2 (55). – С. 4–7.

10. *Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] // Учебник: в 5 т.; под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егунова.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГТУ

им. Н.Э. Баумана, 2004. – Т.5: Синтез регуляторов систем автоматического управления. – 616 с.

11. Захарова, Л.Н. Исследование чувствительности программы развития горных работ и ее рисков в условиях угольной шахты [Текст] / Л.Н. Захарова, В.В. Назимко // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2012. – №1 (53). – С. 157–164.

12. *Foundation of Synergetics II. Complex Patterns [Text]*. – Berlin: Springer, 1995. – P. 210–234.

13. Nazimko, V.V. Thermodynamic method of rock durability [Text] / V.V. Nazimko, L.R. Greyson // *Rock Mechanics. Proceedings of the 35th U.S. Symposium*. – Rotterdam; Brookfiel: A.A. Balkema, 1995. – P. 363–385.

14. Назимко, В.В. Оценка эффективности со-

циального проекта: термодинамический подход [Текст] / В.В. Назимко, Е.В. Пономаренко, Т.К. Гречко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2013. – Вып. 1/10 (61). – С. 148–150.

15. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике [Текст] / К. Шеннон. – М.: Изд. иностр. лит., 2002. – 432 с.

16. Фельдбаум, А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем [Текст] / А.А. Фельдбаум. – М.: Физматгиз, 1963. – 552 с.

17. Тесленко, П.А. Управление проектом в условиях многофакторности на основе сжатия размерности [Текст] / П.А. Тесленко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – №1/13 (55). – С. 32–34.

Надійшла до редакції 1.06.2013, розглянута на редколегії 12.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри електропостачання промислових підприємств та міст О.П. Ковальов, Донецький національний технічний університет.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ

В.В. Назимко

Технология управления проектом увеличивает его эффективность и качество. Для количественной оценки эффективности управления проектом необходим подходящий критерий. Вместе с тем проектное управление использует вербальные команды, в то время как для количественной оценки нужны математические зависимости. Таким образом, целью статьи является разработка количественного критерия для оценки эффективности проектного управления. Для достижения указанной цели были использованы средства искусственного интеллекта. Был разработан критерий для оценки эффективности автоматизированного управления проектом в условиях нехватки времени и ограниченных проектных ресурсов. Особенности вербальных команд управления были учтены с помощью средств нечеткой логики. В конечном счете, для оценки эффективности управления проектом был разработан векторный критерий на основе использования фундаментального закона избыточного производства энтропии. Этот критерий пропорционален разнице между выходным сигналом системы и сигналом управления, а также обратно пропорционален произведению релевантности правил, применяемых для управления, на двоичный логарифм этой релевантности. Введение дополнительных весовых коэффициентов правила увеличило эффективность управления проектом.

Ключевые слова: оперативное управление проектом, критерий эффективности.

DEVELOPMENT OF CRITERION FOR EFFICIENCY ASSESSMENT DURING PROMPT MANAGEMENT OF A PROJECT

V.V. Nazimko

Project management technology increases its efficiency and quality. A relevant criterion will help to evaluate this efficiency numerically. However the management used to employ verbal commands whereas quantitative assessment needs form of math equations. Therefore the aim of the paper was to develop a quantitative criterion for assessment of project management efficiency. We engaged the means of artificial intellect to solve this task. We developed criterion for assessment of automatic project management efficiency in an environment that characterized by deficiency of time and shortage of project resources. Peculiarities of the verbal commands that used to control a project have been accounted by fuzzy logic. Finally, a vector criterion for assessment of project management efficiency has been developed on the basis of the fundamental law of excess entropy increment. This criterion is proportional to the difference between the system signal and control signal on one hand and was inversely proportional to product of fuzzy rule relevance and its binary logarithm on the other. Introduction of additional special weights factors for the rules relevance increased the project management efficiency.

Key words: online project management, efficiency criterion

Назимко Віктор Вікторович – д-р техн. наук, зав. кафедри маркшейдерської справи, Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, e-mail: nvv1952@yandex.ru