

ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

УДК: 005:37

А.А. Белошицкий

Доктор технических наук, профессор кафедры основ информатики

Н.Д. Федоренко

Кандидат технических наук, профессор кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики

С.В. Белошицкая

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики

А.И. Черноморденко

Соискатель кафедры основ информатики

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев***МЕТОДЫ ПРОЕКТНО-ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СРЕДАМИ**

Разработаны научно-методические основы проектно-векторного управления образовательными средами. Предложен ряд базовых определений и концепция проектно-векторного управления образовательными средами. Классифицированы проекты образовательной сферы Украины. Выделены общие и характерные черты проектов, что стало базой для разработки научно-методических основ методологии управления проектами образовательных сред.

Ключевые слова: управление проектами, метод целедостижения, проекты образовательных сред, проектно-векторное пространство

Розроблено науково-методичні основи проектно-векторного управління освітніми середовищами. Запропоновано ряд базових визначень і концепцію проектно-векторного управління освітніми середовищами. Класифіковані проекти освітньої сфери України. Виділено загальні та характерні риси проектів, що стало підґрунтям для розробки науково-методичних основ методології управління проектами освітніх середовищ.

Ключові слова: управління проектами, метод ціледосягнення, проекти освітніх середовищ, проектно-векторний простір

The scientific and methodological basis of design and vector control of the educational environment. A number of basic definitions and the concept of design-oriented control of the educational environment. Classified projects educational sphere in Ukraine. Allocated and general characteristics of projects that became the basis for the development of scientific and methodological foundations of project management methodology educational environments.

Keywords: project management, the method achieving the goal, projects educational environments, project-vector space

Постановка проблемы

Установлено, что большинство образовательных проектов являются некоммерческими, и поэтому не направлены на получение прибыли. Они создают в общем случае кадровый потенциал государства «в будущем». Поэтому оценить традиционными (числовыми, экономическими) методами их очень сложно, чаще всего невозможно. (Например, в

соответствии с концепцией целеполагания SMART). Отсюда возникают проблемы с правильной формулировкой целей таких проектов и с оценкой способов их достижения. В связи с этим возникает ряд вопросов, таких как: в правильном ли направлении движется государство в образовательной сфере? Принесет ли это успех? Может быть нужно откорректировать стратегию

путем изменения законодательства или принятия нормативных ведомственных документов? Или, например, через реализацию новых проектов? Поэтому необходима разработка специальных методов, направленных на формальное (числовое) отслеживание движения в образовательных проектах. Затем необходимо соотнести их с поставленными целями. И если надо, принимать решения о корректировке траектории движения, то необходимо определить, что в этом случае обеспечит достижение поставленных целей «по оптимальной траектории», т.е. с минимальными затратами и за самое короткое время.

Анализ основных исследований и публикаций

Исходя из сформулированной выше проблемы, авторами выполнен анализ работ, посвященных формальному отслеживанию уровня достижения целей по ходу реализации проектов в образовательной сфере. Установлено, что достаточно много работ посвящено определению как целей развития образовательной сферы государства в целом, так и определению целей отдельных направлений деятельности [1-3]. Кроме того, много работ направлено на анализ проектно-ориентированной деятельности в высших учебных заведениях [3-5]. Из анализа также следует, что повышение эффективности управления образовательной сферой невозможно без применения инструментов проектного менеджмента. А для этого необходима разработка ориентированных на образовательную сферу (точнее, на информационно-продуктовый характер проектов в этой сфере) научно-методических основ методологии управления образовательными проектами [6,7]. Этот вопрос не нашел достаточного отражения в современных исследованиях, опубликованных в научной и технической литературе, а его актуальность подтверждается потребностью организаций образовательной сферы в высокоэффективных инструментах управления проектами.

Актуальность проблемы

Несмотря на полученные научные и практические результаты в сфере управления проектами, вопрос создания ориентированных на образовательные среды моделей и методов целедостижения не нашел достаточного отражения в современных публикациях. Это выдвигает объективную потребность в разработке в этой сфере методов целедостижения проектов образовательных сред.

Формулировка целей статьи

Целью статьи является разработка ориентированного на образовательные среды метода выработки рациональной траектории движения по

достижению целей проектов на любой стадии их реализации через представление этих целей как конечных точек движения заинтересованных сторон проекта в проектно-векторном пространстве.

Основной материал исследований

Эффективное управление проектами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами включает в себя:

1. Результат расчета таких конечных координат объектов проектно-векторного пространства, которые будут соответствовать целям не только проекта в целом, но и целям участия в проекте всех его заинтересованных сторон (субъектов проектно-векторного пространства);

2. Организацию, планирование и контроль достижения этих точек объектами проектно-векторного пространства.

Для создания научно-методического инструментария методологии проектно-векторного управления образовательными средами ранее была разработана математическая модель проектно-векторного пространства, которая предоставляет возможность формально оперировать теми частями образовательных сред, которые относятся к проектам. Следующая задача, которую необходимо решить в этом направлении – разработать метод определения конечных точек движения объектов проектно-векторного пространства и метод расчета траектории движения к этим точкам.

Проблематика разработки этих методов связана с определением таких целей проектов (целеполагания проекта), которые будут соответствовать максимальному расширению «Вселенной проектов» образовательных сред, и расчета траектории движения в проектно-векторном пространстве, обеспечивающим достижение целей проекта с минимальными затратами времени и финансовых ресурсов.

Математически проектно-векторное пространство содержит множество организационных, методологических и технологических векторов организации, планирования и контроля за соответствием действий по проектам целям и задачам этих проектов. Сложность построения методов управления движением субъектов и объектов в таком пространстве состоит в необходимости решения ряда взаимосвязанных задач, среди которых можно выделить согласование (координация) процессов по разным векторам, стандартизация процессов в типовых векторах, построение системы векторов с минимальным пересечением по функциям, которые реализуются и т.п. Но для решения всех этих задач необходимо, в первую очередь, разработать метод определения соответствующей сложившейся ситуации, реальных и максимальных целей движения объектов и субъектов проектно-векторного

пространства (конечных точек движения) – метод целеполагания в проектно-векторном пространстве и метод расчета оптимальной траектории движения для достижения этих точек.

Метод определения конечных точек движения объектов проектно-векторного пространства

Поиск оптимальной цели для отдельного проекта был представлен задачей определения таких конечных координат объектов проектно-векторного пространства

$$P_k : \forall Q_j : x_{k1}^{(j)}(T), x_{k2}^{(j)}(T), \dots, x_{kp}^{(j)}(T),$$

для которых

$$\forall P_k : \sum_{N_p} \left(\lambda_p \cdot \sum_j (\sigma_j \cdot x_{kp}^{(j)}(T)) \right) \rightarrow \max,$$

при ограничениях

$$\forall P_k : E^k \geq \sum_{N_p} \sum_j \left[\gamma_i^{jk} \cdot (x_{kp}^{(j)}(T))^3 \right],$$

где λ_p – приоритетность движения в направлении N_p ; P_k – проект; E^k – ресурс (энергия) проекта P_k ; Q_j – объект/субъект проектно-векторного пространства; σ_j – приоритет объекта/субъекта Q_j проектно-векторного пространства; $x_{kp}^{(j)}(T)$ – конечное значение координаты объекта/субъекта ПВП Q_j проекта P_k по оси N_p ; γ_i^{jk} – коэффициент сопротивления движению объекта/субъекта ПВП Q_j проекта P_k в направлении N_i .

Теперь необходимо разработать два метода:

1. Метод определения таких целей проектов (целеполагания проекта), которые будут соответствовать максимальному расширению «Вселенной проектов» образовательных сред.

2. Метод расчета траектории движения в проектно-векторном пространстве, обеспечивающий достижение целей проекта с минимальными затратами времени и финансовых ресурсов.

При определении целей заинтересованных сторон важнейшим является коэффициент сопротивления движению. По сути, он означает сколько энергии надо истратить, чтобы некоторый объект сместился на одну единицу расстояния в проектно-векторном пространстве. На управленческом языке это означает: сколько ресурса надо вложить в проект, чтобы некоторая его сущность (продукт, инструмент или субъект) получила развитие, которое можно представить как некоторую условную единицу в проектно-векторном пространстве.

Иными словами, цели заинтересованных сторон формально должны быть представлены некоторыми точками в проектно-векторном пространстве, достижение которых осуществляется в процессе реализации проекта.

Пример: при заданном количестве топлива космический корабль за отведенное время должен долететь до некоторой планеты. В этой задаче планета и является целью проекта. Но эта задача не аналогична поставленной в данной статье. Ведь в методологии проектно-векторного управления речь идет о движении (развитии) множества объектов проектов более или менее важных (коэффициент σ_j) за отведенное время (T) в направлении, важность которого определяется коэффициентом λ_p и с учетом сопротивления движению по этим направлениям γ_i^{jk} . Поэтому найти наиболее «дальние» точки развития всех объектов проекта при заданных ресурсах (энергии) очень сложно.

Для упрощения выберем ключевые объекты, для обеспечения движения которых и будет формироваться движение всех остальных объектов. Для этого рассмотрим традиционные точки зрения на целеполагание в проекте.

1. На самом нижнем (потребительском) уровне необходимость реализации любого проекта вызвана тем, что он создает некоторый нужный для пользователя продукт, который удовлетворяет какие-либо его потребности.

Эта точка зрения не охватывает весь спектр вопросов, который сопровождает формирование проекта, как некоторой субъективной категории в развитии образовательных сред. Ведь потребностей всегда очень много, а проект ориентирован на создание продукта, удовлетворяющего именно эту потребность. Кроме того, не учитывается «потребность» в проекте тех участников, которые не будут пользоваться продуктом, но заинтересованы в самом проекте (ГУП, исполнители, поставщики).

Отсюда следует более общая точка зрения на вопросы целеполагания в проекте.

2. Проект обеспечивает достижение определенных целей всех участников.

Каждый проект реализуется для удовлетворения потребностей заинтересованных сторон. Значит, все заинтересованные стороны достигают определенных целей, реализуя проект, связанный с удовлетворением их потребностей. Но цели разные. Если взять всех участников проекта, то получится целый спектр различных взглядов на проект, на процессы в проекте, на цели и т.д. (табл.1).

Объединяет эти взгляды на проект только то, что он и его продукт имеют определенную ценность для участников проекта. Ценность заключается в способности проекта или продукта удовлетворять потребности заинтересованных сторон. Отсюда следует еще более общая точка зрения на способность проекта удовлетворять потребности заинтересованных сторон.

3. Проект направлен на создание ценностей для его участников и потребителей его продуктов. Но ценность – это не то, что формулируется целью. Общим знаменателем ценностей проекта и продукта является то, что они создают позитивное мироощущение у персонала, работающего в структуре заинтересованных сторон, а также у людей, связанных с этими заинтересованными сторонами (например, членов семей работников компаний, задействованных в проекте). Поэтому, в качестве целеобразующих компонентов методологии проектно-векторного управления лучше всего использовать отношение субъектов проектно-векторного пространства к объектам этого пространства.

Будем считать, что цель проекта соответствует потребностям заинтересованных сторон в том и только в том случае, если ее достижение обеспечивает максимальное удовлетворение субъектов проектов. В свою очередь движение субъектов в ПВП будет приводить и к перемещению объектов, поскольку в этом случае их воздействие на движение субъектов может превратиться из препятствующего (объект находится против

направления движения) к способствующему (объект находится по направлению движения).

Исходными данными для определения целей проектов, соответствующих максимальному расширению «Вселенной проектов», будут:

- множество отношений к проекту (субъектов ПВП) у заинтересованных сторон, движение которых в проектно-векторном пространстве соответствует степени удовлетворения от проекта, продукта или инструмента;
- направление непринужденного сопротивления движению субъектов ПВП в проектно-векторном пространстве, порождаемое «гравитационной» зависимостью от других объектов этого пространства;
- энергетическая зависимость перемещения целевых субъектов и определяющих это движение объектов в проектно-векторном пространстве (сколько надо ресурсов для перемещения объекта или субъекта в проектно-векторном пространстве на некоторое расстояние).

Задачей метода является вычисление достижимых координат каждым из субъектов ПВП проекта P_k .

Таблица 1

Отношения к категориям проекта у заинтересованных сторон

Заинтересованная сторона проекта	Отношение			
	К проекту	К продукту	К процессу	Что получает от проекта
ЗАКАЗЧИК	инициатор и главное заинтересованное лицо	заинтересован	чем быстрее, дешевле и качественнее – тем лучше	Продукт
ИНВЕСТОР	заинтересован в успешном завершении	не заинтересован	чем быстрее и дешевле – тем лучше	прибыль
ИСПОЛНИТЕЛЬ	заинтересован в реализации	не заинтересован	чем дольше и дороже – тем лучше	работу и прибыль
ПРОЕКТИРОВЩИК	заинтересован в разработке	не заинтересован	чем больше изменений – тем лучше	работу и прибыль
ПОСТАВЩИК	заинтересован в его материалоемкости	не заинтересован	не заинтересован	работу и прибыль
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА	заинтересован в успехе	заинтересован в качестве	заинтересован в хорошей организации	работу, карьерный рост
КОМАНДА ПРОЕКТА	заинтересованы в существовании	не заинтересованы	Заинтересованы в хорошей организации	работу, карьерный рост

$$\begin{aligned} \Pi_k : \forall C_{jk} \in \Gamma_k^C (\Gamma_k^C \cup \Gamma_k^O = \Gamma_k \wedge \Gamma_k^C \cap \Gamma_k^O = \\ = \emptyset) : x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \end{aligned}$$

где Γ_k – наполнение проектно-векторного пространства объектами и субъектами проекта Π_k ;

Γ_k^C – субъекты ПВП;

Γ_k^O – объекты ПВП проекта Π_k ;

C_{jk} – субъект ПВП проекта Π_k ;

$x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots,$

$x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}})$ – конечные координаты субъекта ПВП

C_{jk} проекта Π_k в планируемый момент завершения

проекта $\overline{T_k^{dup}}$.

Вычисление конечных точек движения субъектов проектно-векторного пространства осуществляется в соответствии с векторным методом целеполагания проектов в образовательных средах. Ниже представлена схема реализации этого метода.

1. Определение законов построения проектно-векторного пространства

Законы задают ограничения на движение объектов проектно-векторного пространства. К таким ограничениям относятся:

- перечень объектов и субъектов ПВП:

$$\begin{aligned} \Pi_k : \Gamma_k^C = \{C_{jk}\}, \\ j = \overline{1, n_k^C}, \Gamma_k^O = \{O_{jk}\}, j = \overline{1, n_k^O}, \end{aligned}$$

где n_k^C – количество субъектов проектно-векторного пространства;

n_k^O – количество объектов проектно-векторного пространства.

• предельное время расширения «Вселенной проекта» – директивное время выполнения проекта Π_k ($\overline{T_k^{dup}}$);

• потенциальная энергия объектов проектно-векторного пространства (ресурс, выделенный проекту Π_k) (E_k).

2. Определение законов движения в проектно-векторном пространстве

Законы движения задают условия развития проектно-векторного пространства. К таким условиям относятся:

• направление невынужденного сопротивления для любых взаимодействующих пар объектов/субъектов;

• значение невынужденного сопротивления для субъектов ПВП: γ_i^{jk} – коэффициент сопротивления движению субъекта ПВП C_j проекта Π_k в направлении N_i (показывает величину затрат, необходимых для преодоления единицы расстояния по данному направлению).

В рамках разрабатываемого метода целеполагания проектов образовательных сред не учитывается направление невынужденного сопротивления для любых взаимодействующих пар объектов/субъектов. Это связано с тем, что для учета этого сопротивления надо знать траекторию движения в ПВП (возле каких объектов и субъектов осуществляется движение и как они воздействуют на это движение). Траектория движения будет определяться в методе расчета оптимальной траектории движения субъектов ПВП.

3. Определение допустимых конечных координат субъектов ПВП

Допустимые конечные координаты соответствуют необходимому условию реализации проекта данным субъектом. Если их достижение в проекте не гарантировано, то нет смысла участвовать в проекте. Эти координаты задаются на основе экспертной оценки условий участия заинтересованных сторон в проекте:

$$\begin{aligned} \Pi_k : \forall C_{jk} \in \Gamma_k^C (\Gamma_k^C \cup \Gamma_k^O = \Gamma_k \wedge \Gamma_k^C \cap \Gamma_k^O = \\ = \emptyset) : \hat{x}_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, \hat{x}_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \end{aligned}$$

где $\hat{x}_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, \hat{x}_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}})$ – минимально допустимые конечные координаты субъекта ПВП C_{jk} проекта Π_k в планируемый момент завершения проекта $\overline{T_k^{dup}}$.

4. Определение возможности достижения допустимых конечных координат субъектов ПВП

По всем субъектам ПВП рассчитывается возможность достижения допустимых конечных координат (исходя из затрат, необходимых для преодоления сопротивления ПВП за директивное время):

$$\forall C_j, \Pi_k, N_p : E^k \geq \gamma_p^{jk} \cdot \left(\hat{x}_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}) \right)^3.$$

5. Определение важности субъектов ПВП

Определяется важность субъектов ПВП с тем, чтобы цели проектов согласовать с целями наиболее значимых заинтересованных сторон:

σ_{jk} – коэффициент, определяющей приоритетность целей субъекта ПВП C_{jk} проекта Π_k .

6. Определение важности направлений движения в ПВП для каждого объекта/субъекта

Определяется приоритетность в развитии объектов/субъектов ПВП, важность их направления, возможность быстрее реализовать проект, меньше потратить денег и при этом повысить качество. Нужно научиться управлению проектами, для чего необходимо создать эффективные инструменты управления проектами. Приоритетность движения в направлении N_p задается коэффициентом λ_p (насколько важно, чтобы в цели было отражено движение именно в этом направлении).

7. Расчет удельных усилий движения по направлениям и субъектам

Заданы:

1. γ_i^{jk} – коэффициент сопротивления движению субъекта ПВП C_j проекта P_k в направлении N_i (показывает величину затрат, необходимых для преодоления единицы расстояния по данному направлению).

2. σ_{jk} – коэффициент, определяющей приоритетность целей субъекта ПВП C_{jk} проекта P_k .

3. λ_p – приоритетность движения в направлении N_p (насколько важно, чтобы в цели было отражено движение именно в этом направлении).

Рассчитаем необходимые удельные усилия при движении по всем направлениям проектно-векторного пространства всех субъектов проектов. Это удельное усилие равняется отношению сопротивления движения к приоритетам субъектов и направлений:

$$K_i^{jk} = \frac{\gamma_i^{jk}}{\lambda_i \cdot \sigma_{jk}}, \quad (1)$$

где K_i^{jk} – коэффициент, отражающий удельные затраты на перемещения в направлении N_p на единицу приоритета целей субъектов ПВП и приоритета заданного направления (насколько легко и необходимо двигаться именно в этом направлении).

Например. Для некоторого субъекта C_1 проекта P_1 двум направлениям соответствуют коэффициенты сопротивления движению $\gamma_1^{11} = 3, \gamma_2^{11} = 1$ (во втором направлении сопротивление меньше), а приоритетность движения по направлениям, соответственно, $\lambda_1 = 2$ и $\lambda_2 = 6$. Его приоритетность целей $\sigma_{11} = 2$. Для субъекта C_2 проекта P_1 коэффициенты сопротивления движению по этим же направлениям равны $\gamma_1^{21} = 5, \gamma_2^{21} = 2$ (во втором направлении

сопротивление меньше). Приоритетность целей $\sigma_{21} = 5$. Тогда

$$K_1^{11} = \frac{\gamma_1^{11}}{\lambda_1 \cdot \sigma_{11}} = \frac{3}{2 \cdot 2} = 0,75; K_2^{11} = \frac{\gamma_2^{11}}{\lambda_2 \cdot \sigma_{11}} = \frac{1}{6 \cdot 2} \approx 0,083;$$

$$K_1^{21} = \frac{\gamma_1^{21}}{\lambda_1 \cdot \sigma_{21}} = \frac{5}{2 \cdot 5} = 0,5; K_2^{21} = \frac{\gamma_2^{21}}{\lambda_2 \cdot \sigma_{21}} = \frac{2}{6 \cdot 5} \approx 0,067.$$

8. Установка начальных энергетических затрат на проекты

Исходная точка, с которой начинается каждый проект, задается значениями:

$$\forall P_k : E_{план}^k = e_0^k,$$

где $E_{план}^k$ – плановые расходы на проект P_k ;

e_0^k – начальные расходы на проект P_k (понесенные до начала проекта P_k).

9. Выбор наиболее значимого направления движения и субъекта ПВП

Значимость субъекта и направления движения оценивается по удельным усилиям для смещения этого объекта в данном направлении и приоритетности этого направления. Она соответствует минимальному значению коэффициента (1):

$$\min_{P_k, C_j, N_p} (K_p^{jk}).$$

Выбор

$$P_{k_0}, C_{j_0}, N_{p_0} : K_{p_0}^{j_0 k_0} = \min_{P_k, C_j, N_p} (K_p^{jk}).$$

10. Расчет целевого смещения субъекта ПВП C_{j_0} проекта P_{k_0} по направлению N_{p_0}

Если

$$E^{k_0} - E_{план}^{k_0} \geq \gamma_{p_0}^{j_0 k_0} \cdot \left(\hat{x}_{k_0 p_0}^{(j_0)} (\overline{T_{k_0}^{dир}}) \right)^3,$$

то принимается:

$$x_{k_0 p_0}^{(j_0)} (\overline{T_{k_0}^{dир}}) = \hat{x}_{k_0 p_0}^{(j_0)} (\overline{T_{k_0}^{dир}});$$

$$E_{план}^{k_0} = E_{план}^{k_0} + \gamma_{p_0}^{j_0 k_0} \cdot \left(\hat{x}_{k_0 p_0}^{(j_0)} (\overline{T_{k_0}^{dир}}) \right)^3.$$

Из рассмотрения исключается движение субъекта ПВП C_{j_0} проекта P_{k_0} по направлению N_{p_0} .

Иначе, рассчитывается предельная координата

$$x_{k_0 p_0}^{(j_0)} (\overline{T_{k_0}^{dир}}) = \sqrt[3]{\frac{E^{k_0} - E_{план}^{k_0}}{\gamma_{p_0}^{j_0 k_0}}}.$$

Принимается

$$E_{план}^{k_0} = E^{k_0}.$$

Из рассмотрения исключается проект P_{k_0} .

Если из рассмотрения исключены все проекты – переход к п.11. Иначе, переход к п.9.

11. Оценка полученных целевых координат движения в ПВП

Осуществляется экспертная оценка полученных значений. Если значения не удовлетворяют менеджмент проектов, то корректируются исходные данные и все повторяется с п.1. Если удовлетворяют – завершение.

Метод расчета оптимальной траектории движения для достижения целевых точек проектно-векторного пространства

В отличие от метода целеполагания (расчета максимально далеких достижимых точек ПВП всеми его субъектами) в методе расчета оптимальной траектории движения будет учитываться сопротивление в ПВП, создаваемое другими объектами и субъектами. Поскольку это сопротивление зависит от координат субъектов и объектов ПВП (а они меняются в процессе их движения), необходимо рассмотреть множество вариантов движения и выбрать лучший. Перебор всех вариантов движения достаточно велик и неподвластен даже современным компьютерам, поэтому найти оптимальное решение будет невозможно. Заменим его поиском рационального решения и воспользуемся для этого методом Монте-Карло. При этом распределение вероятностей при выборе к смещению объектов и субъектов ПВП будем рассчитывать через приоритет субъектов и влияние объектов на смещение этих субъектов.

В методе определения целей проектов (целеполагания проекта), которые соответствуют максимальному расширению «Вселенной проектов» образовательных сред, рассчитаны конечные точки движения субъектов ПВП

$$\forall P_k, C_j : A_k^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}) = \left[x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), x_{k2}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}) \right],$$

где $x_{k1}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}}), \dots, x_{kp}^{(j)}(\overline{T_k^{dup}})$ – конечные координаты субъекта ПВП C_j^k проекта P_k в планируемый момент завершения проекта $\overline{T_k^{dup}}$.

В методе расчета оптимальной траектории движения дополнительной информацией является взаимосвязь объектов и субъектов ПВП по ходу движения в проектно-векторном пространстве. Эта взаимосвязь (точнее, взаимодействие) определяет, сколько энергии (денег) надо дополнительно истратить, чтобы некоторый субъект сместился на одну единицу расстояния в проектно-векторном

пространстве с учетом воздействия других объектов и субъектов. В рамках методологии управления проектами это означает что надо сделать в проекте, чтобы удовлетворить заинтересованные стороны. И соответственно сколько и каких ресурсов надо для этого.

Иными словами, движение заинтересованных сторон в проектно-векторном пространстве должно быть увязано с движением разнообразных объектов таким образом, чтобы существующие в ПВП взаимодействия способствовали достижению целей (движению к конечным точкам), а не препятствовали ему. Для этого необходимо учитывать взаимосвязь самих объектов между собой, определяемую их взаимозависимостью в проектах. Движение одного объекта/субъекта преодолевает зоны сопротивления, вызванные движением других объектов (получение разрешения, расходами ресурсов на создание инструментов планирования, бюджетирования, мониторинга и т.д.). Поэтому найти оптимальную траекторию движения в совокупности взаимодействующих объектов и субъектов очень сложно.

Для решения этой задачи зададимся структурой взаимодействий объектов и субъектов в проектно-векторном пространстве. Пусть

$$F \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right] - \text{воздействие } Q_i$$

объекта/субъекта с координатами $A_k^{(i)}(t)$ на объект/субъект Q_j с координатами $A_k^{(j)}(t)$. Это воздействие приводит или к сопротивлению движению объекта/субъекта ПВП, или к содействию этому движению. Введем ряд определений

Определение 1. В воздействии

$F \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right]$ объект Q_i будем называть источником воздействия.

Определение 2. В воздействии

$F \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right]$ объект Q_j будем называть результатом-приемником воздействия.

Определение 3. Коэффициент взаимодействия объектов/субъектов ПВП

$\varphi \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right]$ отражает необходимую величину энергетических расходов (затрат) для смещения приемника с координатами воздействия на единицу расстояния, если источник воздействия имеет следующие координаты в проектно-векторном пространстве:

$$\begin{aligned} & \varphi \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right] = \\ & = f \left(F \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right] \right), \end{aligned}$$

где $\varphi \left[Q_j \left(A_k^{(j)}(t) \right) / Q_i \left(A_k^{(i)}(t) \right) \right]$ – коэффициент взаимодействия объектов/ субъектов ПВП, отражающий возможность движения объекта/субъекта ПВП Q_j проекта P_k в направлении N_i (показывает величину затрат, необходимых для преодоления единицы расстояния по данному направлению в условиях воздействия объекта Q_i).

Коэффициент взаимодействия объектов может принимать разные значения в зависимости от координат воздействующего объекта.

Следствие 1. Величина воздействия на объект/субъект Q_j с координатами $A_k^{(j)}(t)$ зависит от координат $A_k^{(i)}(t)$ источника воздействия Q_i .

Из этого следствия можно сделать один очень важный вывод. Для того, чтобы воздействие на субъекты (именно на субъекты, как на сущность ПВП, по которым оценивается результативность проекта) было таким, что содействует их движению к целевой точке в ПВП, необходимо выбрать «выгодные» координаты для источников воздействия. Следовательно, если «затраты» на приведение к новым координатам источника воздействия меньше «затрат» на приведение к целевым координатам приемника воздействия, то вначале необходимо «привести» в движение источник воздействия, перевести его в новые координаты, а потом уже переводить в новые координаты приемник воздействия.

Например. Прежде чем начинать формировать план проекта необходимо внедрить и освоить программный продукт, на базе которого будет разрабатываться план проекта. Потому что без этого программного продукта очень велико сопротивление ПВП (трудно разработать план). Поэтому, если

$$\begin{aligned} & \varphi \left[Q_j \left(x_{kp}^{(j)}(\Delta t) \right) / Q_i \left(x_{kp}^{(i)}(\Delta t) \right) \right] > \\ & \gamma_p^{jk} \cdot \left(\Delta x_{kp}^{(i)}(\Delta t) \right)^3 + \\ & + \varphi \left[Q_j \left(x_{kp}^{(j)}(\Delta t) \right) / Q_i \left(x_{kp}^{(i)}(\Delta t) + \Delta x_{kp}^{(i)}(\Delta t) \right) \right], \end{aligned}$$

то необходимо вначале обеспечить движение объекта Q_i , что упростит получение целевого значения субъектом Q_j .

В основе метода расчета оптимальной траектории движения и будет последовательный пересчет взаимодействия субъектов и объектов ПВП между собой, выбор оптимальных направлений

смещения для этих объектов за некоторый интервал (квант) времени, их смещение и снова пересчет взаимодействий.

Исходными данными для определения оптимальной траектории движения будут:

- множество отношений к проекту (субъектов ПВП) у заинтересованных сторон, движение которых в проектно-векторном пространстве соответствует степени удовлетворения от проекта, продукта или инструмента;
- множество объектов, размещение которых способствует или не способствует повышению удовлетворенности субъектов ПВП от проекта;
- направление непринужденного сопротивления движению субъектов и объектов ПВП в проектно-векторном пространстве, порождаемое зависимостью от других объектов этого пространства;
- энергетическая зависимость перемещения субъектов и объектов ПВП, определяющая сколько надо ресурсов для перемещения объекта или субъекта в проектно-векторном пространстве на некоторое расстояние.

Задачей метода является нахождение временного ряда координат для каждого из объектов и субъектов ПВП:

$$\begin{aligned} & P_k : \forall Q_j \in \Gamma_k : \\ & t_1 : x_{k1}^{(j)}(t_1), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_1); \\ & t_2 : x_{k1}^{(j)}(t_2), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_2); \\ & t_i : x_{k1}^{(j)}(t_i), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_i); \\ & t_{fin} : x_{k1}^{(j)}(t_{fin}), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{fin}), \end{aligned}$$

где t_1, t_2, \dots, t_{fin} – моменты времени (t_{fin} – момент завершения проекта);

$x_{k1}^{(j)}(t_i), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_i)$ – координаты объекта Q_j проекта P_k в момент времени t_i .

Вычисление текущих координат в процессе движения субъектов и объектов проектно-векторного пространства осуществляется в соответствии с векторным методом целедостижения проектов в образовательных средах. Рассмотрим схему реализации этого метода.

1. Определение законов построения проектно-векторного пространства

Процесс построения ПВП реализуется в соответствии с таким же пунктом в векторном методе целеполагания в проектах образовательных сред. В дополнение к изложенному задается интервал времени пересчета состояния ПВП Δt и шаг смещения объектов и субъектов ПВП Δx .

2. Определение законов движения в проектно-векторном пространстве

Законы движения отражают величины взаимодействия объектов и субъектов проектно-векторного пространства. К параметрам, отражающим характеристики взаимодействия объектов и субъектов ПВП, относятся:

- γ_i^{jk} – коэффициент сопротивления движению субъекта ПВП C_j проекта P_k в направлении N_i (показывает величину затрат, необходимых для преодоления единицы расстояния по данному направлению) отражает свойства перемещаемого в ПВП объекта;

- коэффициент взаимодействия объектов/субъектов ПВП $\varphi \left[Q_j(A_k^{(j)}(t)) / Q_i(A_k^{(i)}(t)) \right]$

(см. определения 1–3). Этот коэффициент может быть получен экспертами. Таблица представления экспертных знаний по определению характеристик взаимодействия объектов и субъектов ПВП может быть представлена в форме табл. 2.

В табл. 2 отражено понимание эксперта о взаимодействии объектов и субъектов проектно-векторного пространства. Под коэффициентом φ в таблице 2 понимается заданное экспертом значение

$$\varphi_{jip} = \varphi^e \left[Q_j(x_{kp}^{(j)}(t)) / Q_i(x_{kp}^{(i)}(t)) \right],$$

где $\varphi^e \left[Q_j(x_{kp}^{(j)}(t)) / Q_i(x_{kp}^{(i)}(t)) \right]$ – установленный экспертом коэффициент взаимодействия объектов/субъектов ПВП.

Значения φ в таблице 2 устанавливается в пределах от 0 (нет воздействия), до 1 (полная зависимость приемника от источника).

Усредненное по всем экспертам значение коэффициента взаимодействия и будет находится в основе расчета оптимальной траектории движения объектов/субъектов ПВП

$$\varphi_{jip}^* = \frac{\sum_{e=1}^E \varphi^e \left[Q_j(x_{kp}^{(j)}(t)) / Q_i(x_{kp}^{(i)}(t)) \right]}{E},$$

где φ_{jip}^* – принятый (средний) экспертный коэффициент взаимодействия объектов/субъектов ПВП.

3. Определение влияния объектов ПВП

Определяется важность объектов ПВП для того, чтобы установить приоритет в смещении объектов в ПВП. Важность объектов ПВП отражает их воздействие на другие объекты ПВП. Ведь местоположение (координаты) сильно воздействующего объекта ПВП определит насколько быстро в проектно-векторном пространстве будут смещаться субъекты, являющиеся носителями целей и ценностей проектов

$$\theta_{jkp} = \frac{\sum_{i=1}^K \varphi_{jip}^*}{K},$$

где θ_{jkp} – коэффициент, определяющей среднюю величину воздействия объекта ПВП Q_j проекта P_k по направлению N_p ;

K – количество объектов/субъектов, на которые воздействует объект ПВП Q_j проекта P_k .

Таблица 2

Таблица экспертной оценки взаимодействия объектов и субъектов проектов

Эксперт: _____

Проект: _____

Дата: _____

Источник воздействия	Приемник воздействия				
	Q_1	Q_2	Q_3	...	Q_s
Q_1	X	φ_{211}	φ_{311}	...	φ_{s11}
Q_2	φ_{121}	X	φ_{321}	...	φ_{s21}
...
Q_s	φ_{1s1}	φ_{2s1}	φ_{3s1}	...	X
Q_1	X	φ_{212}	φ_{312}	...	φ_{s12}
Q_2	φ_{122}	X	φ_{322}	...	φ_{s22}
...
Q_s	φ_{1s2}	φ_{2s2}	φ_{3s2}	...	X
...
Q_1	X	φ_{21p}	φ_{31p}	...	φ_{s1p}
Q_2	φ_{12p}	X	φ_{32p}	...	φ_{s2p}
...
Q_s	φ_{1sp}	φ_{2sp}	φ_{3sp}	...	X

Также важно учесть воздействие на каждый из субъектов/объектов ПВП. Это воздействие равно

$$\rho_{ikp} = \frac{\sum_{j=1}^K \varphi_{jip}^*}{K},$$

где ρ_{ikp} – коэффициент, определяющей среднюю величину воздействия на объект ПВП Q_i проекта P_k другими объектами и субъектами ПВП по направлению N_p .

4. Определение целей субъектов ПВП (конечных координат движения)

Конечные координаты соответствуют целям реализации проекта субъектами. Они могут быть получены с использованием векторного метода целеполагания и представлены в виде

$$P_k : \forall C_{jk} : x_{k1}^{(j)}(t_{max}), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{max}),$$

где C_{jk} – субъект ПВП проекта P_k ;

$x_{k1}^{(j)}(t_{max}), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{max})$ – конечные координаты субъекта ПВП C_j^k проекта P_k в момент завершения проекта t_{max} ;

t_{max} – момент завершения проекта.

5. Определение важности субъектов ПВП

Определяется важность субъектов ПВП с тем, чтобы цели проектов согласовать с целями наиболее значимых заинтересованных сторон:

σ_{jk} – коэффициент, определяющей приоритетность целей субъекта ПВП C_{jk} проекта P_k .

6. Определение условий достижения целей субъектов ПВП (ограничений)

Конечные координаты движения не должны быть меньше директивно (изначально) заданных и должны быть достигнуты до планируемого срока завершения проекта. Кроме того, расходы на проект (энергетические затраты) не должны превосходить плановые

1. $t_{max} \leq t_{fin}$;
2. $\forall i = 1, p : x_{ki}^{(j)}(T_k^{dup}) \leq x_{ki}^{(j)}(t_{max})$;
3. $E_{факт}^k \leq E_{план}^k$.

7. Установление начальных условий расчета траекторий движения

К начальным условиям относятся:

1. Момент времени старта проекта (старт движения) – t_0 .

2. Начальная точка движения объектов и субъектов ПВП. Принимается:

$$P_k : \forall Q_j : x_{k1}^{(j)}(t_0), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_0),$$

где $x_{k1}^{(j)}(t_0), \dots, x_{kp}^{(j)}(t_0)$ – начальные координаты

объектов и субъектов ПВП Q_j проекта P_k .

3. Максимально отдаленная от начальной конечная точка движения субъектов ПВП. Принимается:

$$P_k : \forall C_{jk} : x_{k1}^{(j)}(t_{fin}) + x', \dots, x_{kp}^{(j)}(t_{fin}) + x',$$

где x' – запас в оценке конечных координат движения субъектов ПВП.

4. Количество вариантов моделирования движения в ПВП

$$N_v^{max},$$

где N_v^{max} – количество вариантов моделирования.

8. Расчет удельных усилий движения по направлениям и субъектам

Расчет удельных усилий движения осуществляется по формуле (1). Результатом является сумма (по направлению N_i) коэффициента удельного усилия субъектов при движении по направлениям K_i^{jk} и коэффициента, отражающего величину воздействия других объектов и субъектов ПВП ρ_{jki}

$$\delta_{jki} = K_i^{jk} + \rho_{jki},$$

где δ_{jki} – обобщенный коэффициент сопротивления движению объекта Q_j проекта P_k по направлению N_i .

9. Моделирование движения объектов и субъектов в ПВП

Для нахождения рациональной траектории движения субъектов ПВП будет осуществлено моделирование вариантов движения, которые будут задаваться приоритетностью и взаимодействием объектов ПВП. Лучшие варианты будут предложены менеджменту проекта для выбора лучшего на их взгляд решения [8].

10. Оценка полученных целевых координат движения в ПВП

Осуществляется экспертная оценка полученных вариантов траектории движения. Если значения не удовлетворяют менеджеров проектов, то корректируются исходные данные и все повторяется с п. 1. Если удовлетворяют – завершение.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

В статье предложен метод расчета рациональной траектории движения к целевым точкам ПВП. Показано, что проблематика разработки этого метода связана с расчетом такой траектории движения в проектно-векторном пространстве, которая обеспечит достижение целей

проекта с минимальными затратами времени и финансовых ресурсов. На основании разработанной математической модели проектно-векторного пространства предложены методы определения конечных точек движения объектов проектно-векторного пространства и расчета траектории движения к этим точкам.

В статье показано, что проблематика разработки этих методов связана с определением таких целей проектов (целеполагания проекта), которые будут соответствовать максимальному расширению «Вселенной проектов» образовательных сред. Расчет траектории движения в проектно-векторном пространстве, обеспечивает достижение целей проекта с минимальными затратами времени и финансовых ресурсов.

Предложено использовать метод Монте-Карло для расчета вариантов траектории движения субъектов ПВП. При этом распределение вероятностей при выборе смещения объектов и субъектов ПВП соответствует приоритету субъектов и влиянию объектов на смещение этих субъектов.

Для оценки величин воздействия на движение субъектов ПВП разработана структура экспертной таблицы и модель расчета усредненной экспертной оценки такого воздействия. Реализация приведенных методов позволит в динамике оценивать наиболее важные цели для всех заинтересованных сторон проекта, а также выработать пути их достижения в реальных условиях. При этом реальные условия проектов описываются системой воздействий на движение объектов и субъектов ПВП в расширяющейся «Вселенной проектов».

Список литературы

1. Биков В.Ю. *Моделі організаційних систем відкритої освіти*/В.Ю.Биков// *Монографія*. – К.: Атака, 2009. – 684 с.
2. Преображенский Б.Г. *Синергетический подход к анализу и синтезу образовательных систем* /Б.Г. Преображенский, Т.О. Толстых// *Университетское управление*. – Екатеринбург: Вестник УГУ, 2004. – №3 (31). – С.7-12.
3. Коляда О.П. *Проектно-ориентированная формализация стратегического компонента функциональной деятельности высшего учебного заведения*/О.П.Коляда// *Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць*. – №3 (27). – 2008. – С. 81-87.
4. Рач В.А. *Проектно-орієнтовані моделі управління та оцінки діяльності вищих навчальних закладів* / В.А. Рач, А.Ю. Борзенко-Мірошніченко // *Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць*. – №1 (29)-2009. – С. 81-89.
5. Тесля Ю.М. *Модель мультипроектно модернізації системи управління якістю підготовки спеціалістів в ВНЗ всіх видів акредитації*/ Ю.М. Тесля, І.О. Потай // *Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць*. – №2 (18). – 2006. – С. 72-85.
6. Лизунов П.П. *Проектно-векторное управление высшими учебными заведениями*/ П.П. Лизунов, А.А. Белоцицкий, С.В. Белоцицкая//*Управління розвитком складних систем*. – 2011. – Вип. 6. – С. 135 – 139.
7. Тесля Ю.Н. *Расширяющаяся Вселенная проектов* /Ю.Н. Тесля, А.О. Белоцицкий // *Вісник ЧДТУ*, 2011. – №4. – С.67-71.
8. Белоцицкий А.А. *Векторный метод целедостижения в проектах образовательных сред [Текст]* / А.А. Белоцицкий // *Управління проектами та розвиток виробництва. Зб. наук. праць*. – №4 (40). – 2011. – С. 20-30.

Статья поступила в редколлегию 18.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Д. Бушуев, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.