

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШИМ УЧЕБНЫМ ЗАВЕДЕНИЕМ

Ходаков В. Е., Козел В. Н., Соколов А. Е.

1. Введение

Инновации в управлении высшим учебным заведением (ВУЗ) на базе информационных технологий являются ключевым механизмом, позволяющим повысить уровень, качество образования и как следствие также конкурентоспособность учебного заведения. Проектирование информационных систем управления и совершенствование их (реинжиниринг) всегда связано с анализом информационных потоков, циркулирующих в системе и внешней среде. Для проектирования системы управления и соответствующих информационных технологий необходимо выполнить анализ информационных потоков, циркулирующих в процессе функционирования системы.

В процессе жизнедеятельности ВУЗы совершенствуют, корректируют стратегические цели своей деятельности и, естественно, вносят необходимые изменения в структуру системы управления, в том числе и организационную структуру ВУЗа, вводя, например, новые подразделения.

Поэтому, одним из основных условий эффективного функционирования системы управления является постоянный анализ информационных потоков. Поток отображает взаимодействие как с внешней средой, так и с внутренними подразделениями. Анализ потоков позволяет установить рациональные связи между источниками и приемниками информации и путей ее циркуляции. Указанные аспекты являются предпосылками для реинжиниринга новой информационной технологии, целью которой является совершенствование, с целью повышения эффективности деятельности высшего учебного заведения, в том числе и качества образования. Таким образом, задача анализа информационных потоков в ВУЗе является актуальной.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объект исследования – система управления высшим учебным заведением. ВУЗ – это сложная организационно-техническая и социально-экономическая система, связанная специфическими отношениями со многими объектами и внешней средой (рис. 1).

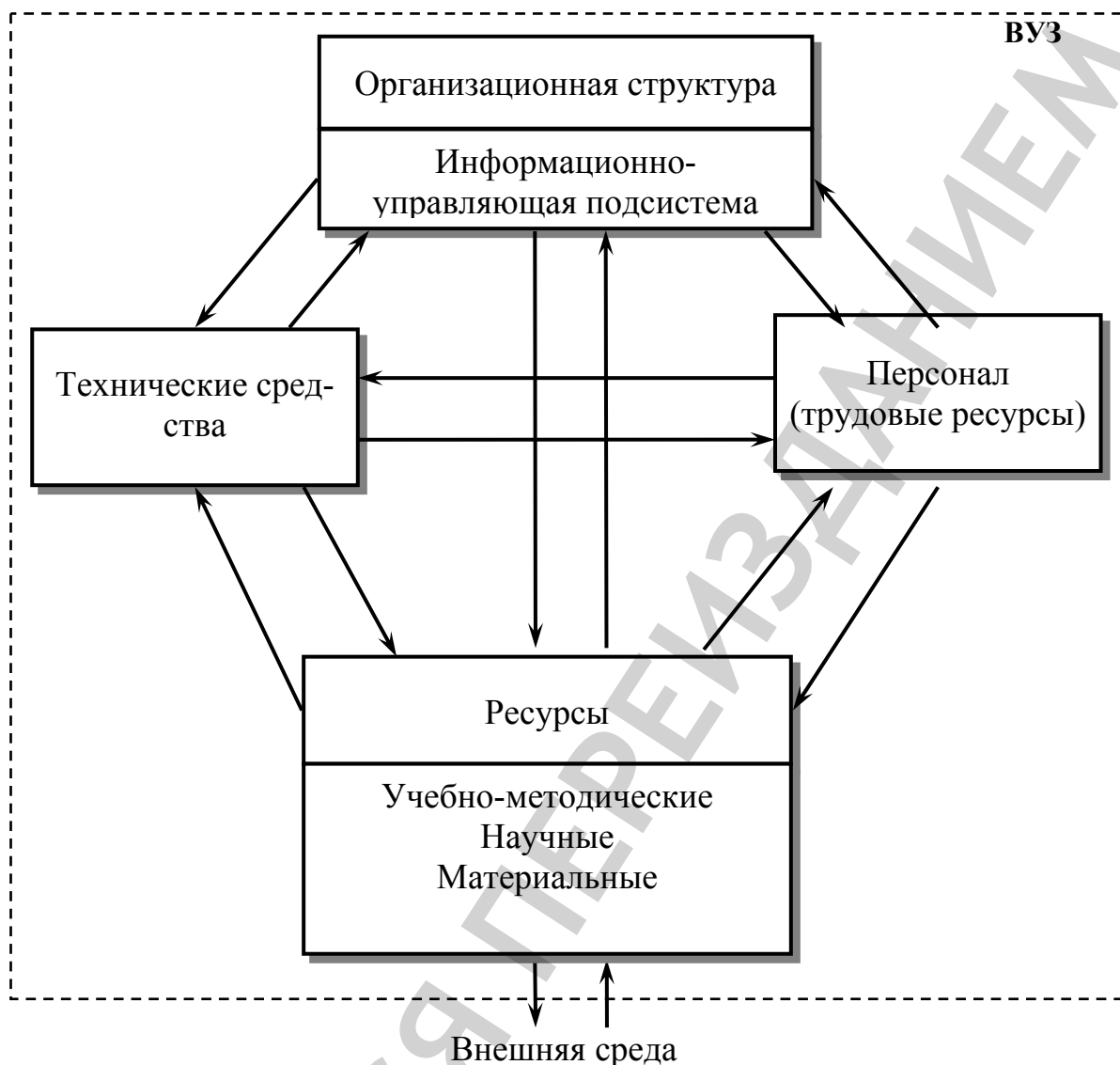


Рис. 1. Информационная структура ВУЗа

Приведем особенности, характеризующие ВУЗ как сложную антропогенную динамическую систему:

- структура ВУЗа нестационарна. Изменения происходят как в результате внутреннего развития, так и регулярных и случайных воздействий внешней среды;
- большая часть параметров состояния является нестационарными;
- наличие большого числа нелинейных зависимостей.
- множество обратных связей;
- отсутствие конечного горизонта планирования.

Одним из наиболее проблемных мест системы управления ВУЗом является отсутствие учета влияния внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на деятельность ВУЗа.

Основные условия для построения модели управления высшим учебным заведением на основе информационных технологий являются следующими:

- анализ внешней среды на основные функции ВУЗа;

- реинжиниринг информационной модели ВУЗа на основе анализа информационных потоков;
- совершенствование единой информационной среды ВУЗа.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является внедрение информационных технологий и построение модели системы управления ВУЗом. Модель должна отображать влияние внешних воздействий на ВУЗ посредством анализа информационных потоков для улучшения качества управления.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить перечень основных внешних и внутренних факторов, влияющих на деятельность ВУЗа.
2. Определить роль и место модели информационных потоков в общей модели функционирования высшего учебного заведения.

4. Исследование существующих решений проблемы

Вопросы построения систем управления ВУЗом и реформирование системы образования в последние годы отображены в ряде работ [1–5].

В обществе не всегда есть понимание взаимосвязи системы образования и экономики страны, региона, понимания, что высшее образование является первичным и основой благосостояния государства [2, 5].

Проблемы поддержки развития системы образования являются социальными и относятся к приоритетным задачам развития общества и государства. Система образования непосредственно связана с национальными интересами и национальной безопасностью, исходя из определений [1]. Образование готовит будущее страны путем подготовки кадров для всех сред жизнедеятельности государства [5]. В то же время перспективы развития системы образования нельзя рассматривать только через призму экономики, необходимо переходить от экономоцентризма к социоцентризму и культурицизму [6].

Образование является первичным, предпосылочным, пред- или доэкономическим ресурсом, способным пробудить экономику, привести в нее динамизм, обеспечить рывок в развитии производства. Образование создает основу благосостояния общества и является гарантом независимости нации [5].

В настоящее время система образования Украины, как и многие другие отрасли, относится к сдающим свои позиции в Европе и мире. Необходимо произвести реинжиниринг процессов управления системы высшего образования, привести в соответствие количество выпускаемых специалистов потребностям экономики с учетом перспектив развития.

К построению моделей управления ВУЗом существуют различные подходы, например, ставший уже классическим подход Вебера, который изучал модель деятельности ВУЗа с позиции бюрократической организации. Веблен рассматривая ВУЗ как капиталистическую организацию, а Парсонс анализировал ВУЗ с позиции социальной системы.

Автор [7] утверждает, что конкурентоспособная модель управления ВУЗом должна основываться на принципах стратегического управления, менеджмента качества, бюджетирования и информационной интеграции процессов.

Структура ВУЗа должна быть жизнеспособной, гибкой и динамичной, позволяющей решать задачи развития экономики страны, поэтому актуальна разработка научно-обоснованной системы управления высшим учебным заведением в современных условиях [7, 8].

Комплексный подход, предлагаемый в работах [9–11], предполагает реализацию образовательного процесса, но не рассматривает систему с позиции управления.

В работе [12] определены основные проблемы интеграции при разработке единой информационной среды ВУЗа. Пути решения всех проблем интеграции выполнены с помощью веб-сервиса.

Другой подход [13] рассматривает только качество образования и предлагает оценочную характеристику потенциала и общую оценку деятельности ВУЗа. Модель [14] рассматривает систему образования с физической точки зрения, но не учитывает влияние экономических факторов и рынка труда.

Использование подходов ученых [15, 16] позволяют выполнять анализ влияния опыта чтения лекций на качество образования, однако не определяют влияния внешних факторов на качество образования.

Украина заявила о следовании мировым тенденциям и опыту. Однако это получается не в полной мере, в силу того, что экономические, политические и другие факторы являются особенными для каждой страны и не просто адаптировать опыт иных стран.

5. Методы исследований

Для анализа объекта исследования и разработки информационных моделей использованы элементы конструктивной теории и проблемно-ориентированного инструментария формализации и моделирования процессов движения информации. Анализ информационного взаимодействия подразделений ВУЗа базируется на комплексном использовании теории графов – для реализации решений по сбору первичной информации. Теория множеств и систем массового обслуживания (СМО) используются для построения моделей движения информационных потоков и для оценки эффективности использования средств обработки информации и моделирования работы компонентов программного обеспечения.

6. Результаты исследования

Любое учебное заведение взаимодействует с внешней средой, в связи с чем необходимо приспосабливаться к изменениям, для устойчивого функционирования, в силу этого ВУЗ рассматриваться как «открытая система». Открытая система зависит от энергии, информации, абитуриентов, решений МОН, которые поступают из внешней среды. Любой ВУЗ имеет связь с внешней средой и зависит от нее.

С точки зрения системного подхода, ВУЗ – это система преобразования входной информации и ресурсов в конечную продукцию, в соответствии со своими целями. Основные факторы, оказывающие прямое и косвенное влияние на ВУЗ, представлены на рис. 2.

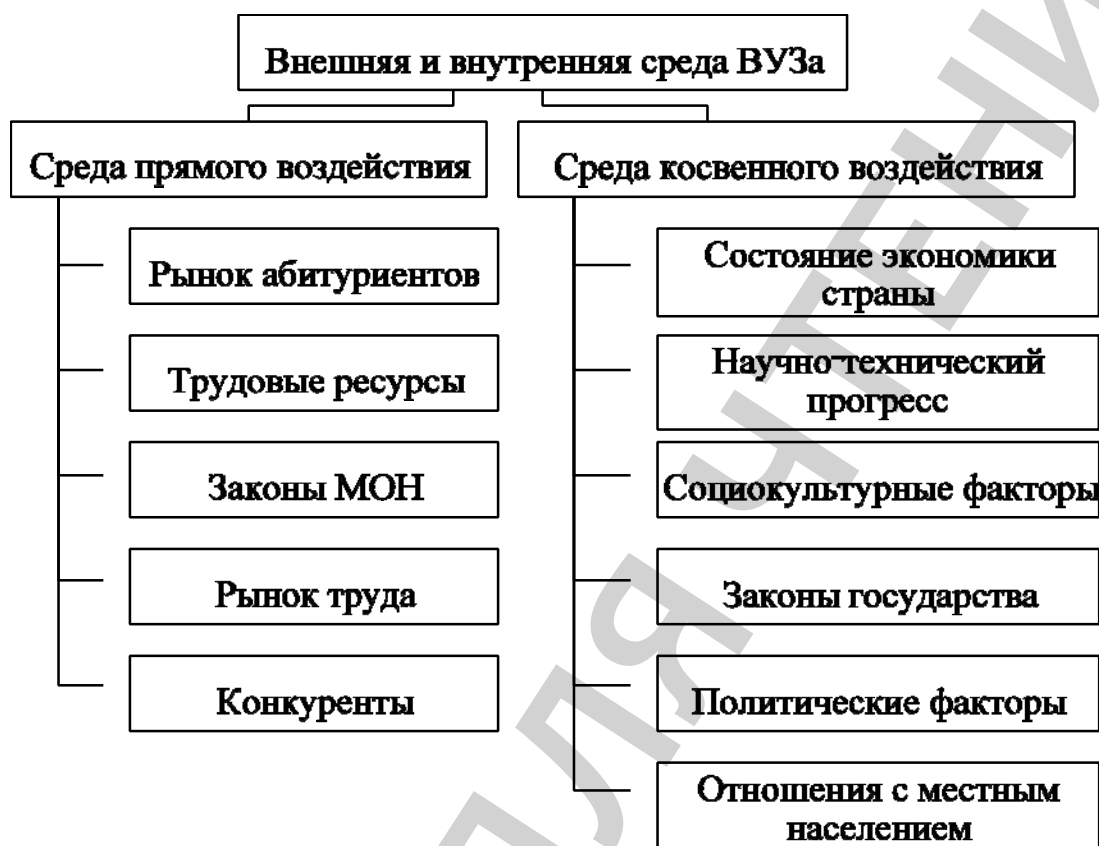


Рис. 2. Факторы влияния на деятельность ВУЗа

Рассмотрим некоторые прямые факторы воздействия:

– рынок абитуриентов определяется экономикой, культурой и численностью населения страны. Как видно из графика на рис. 3, численность населения в Украине, катастрофически падает, в связи с чем количество потенциальных абитуриентов пропорционально снижается;

– имеет место экономический спад в стране, который приводит к сокращению рабочих мест, что влечет за собой переизбыток выпускников ВУЗа и несогласованность между бюджетными заказами и рабочими местами. Экономическое состояние Украины на сегодняшний день составляет примерно 50 % от экономики 1991, а это означает, что снижается потребность в выпускниках ВУЗов;

– трудовые ресурсы, осуществляющие подготовку специалистов в ВУЗе, непосредственно связаны с внутренней структурой ВУЗа.

Таким образом, влияние внешних факторов на деятельность ВУЗа оказывает непосредственное влияние и эти факторы должны учитываться при построении информационной модели ВУЗа. В качестве внутренней составляющей ВУЗа выступает организационная структура, которая непосредственно оказывает влияние на эффективность деятельности ВУЗа.

Основными особенностями организационной структуры являются разделение на отдельные составляющие: факультеты, кафедры и т. д. При этом, деятельность и функционирование отдельных структур обязательно должна быть скоординирована. В ВУЗе, функции координации выполняет руководитель – ректор, реализуя координационное управление [5].

Как видно из структуры, она отображает степень подчиненности, но не несет никаких данных о потоках информации и координирующих функциях. Взяв за основу организационную структуру ВУЗа и проведя ее анализ с информационными потоками, имеем возможность произвести реинжиниринг системы управления, позволяющий повысить эффективность работы ВУЗа.

Рассмотрим движение информационных потоков внутри организационной структуры ВУЗа. Условием эффективного функционирования системы управления является мониторинг и анализ информационных потоков, установление рациональных связей между источниками и приемниками информации.

Введем следующие определения. Информационный поток – это частичное перемещение данных от одного пакета информации к другому. Пакет информации представляет собой набор информационных данных, объединенных по каким-либо параметрам или характеристикам и представляющий собой единый блок информации. Показатель информации – это часть пакета информации, которая непосредственно участвует в информационном потоке. Информационная модель – это схема перемещения и взаимодействия информационных данных в системе, отображающая полное представление о взаимосвязях и путях прохождения данных без указания физических свойств объекта.

Наиболее популярным представлением потока информации является его отображение в виде ориентированного графа [1, 3], вершинами которого выступают пакеты информации, а ребрами – перемещение данных из одного пакета в другой.

Решение поставленной задачи не вызывает трудностей при небольшом количестве пакетов информации, однако с увеличением их количества появляется дублирование, потеря данных, избыточность. В связи с этим была поставлена задача разработки алгоритма преобразования информационного потока в граф с учетом показателей информации.

Реализация данного алгоритма состоит из ряда шагов.

Шаг 1. Все множество пакетов информации $A = \{a_{ij}\}$ условно разделим на три группы (подмножества) (рис. 3):

– пакеты, поступающие в систему $A_1 = \{a_{i1}\}$, $i=1,2, \dots, f_1$, где f_1 – максимальное количество поступающих пакетов;

– пакеты, циркулирующие внутри системы $A_2 = \{a_{i2}\}$, $i=1,2, \dots, f_2$, где f_2 – максимальное количество внутренних пакетов;

– исходящие пакеты информации $A_3 = \{a_{i3}\}$, $i=1,2, \dots, f_3$, где f_3 – максимальное количество исходящих пакетов.

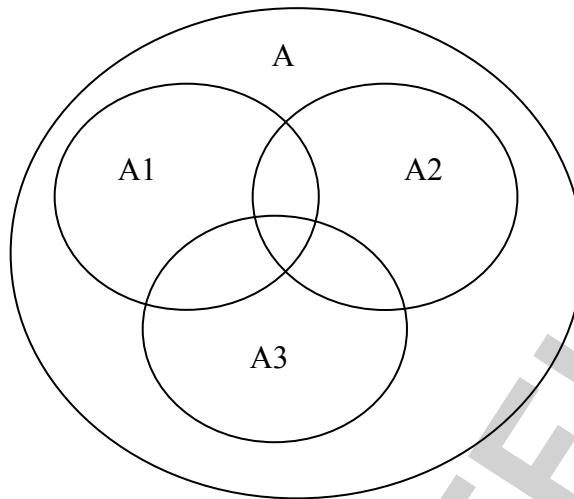


Рис. 3. Распределение множества A на подмножества A_1, A_2, A_3

Таким образом, все множество пакетов информации опишем как:

$$A = A_1 \cup A_2 \cup A_3. \quad (1)$$

Результат разделения информационных потоков на подмножества представлен в табл. 1.

Таблица 1

Распределение множества A на подмножества A_1, A_2, A_3

Множество A_1	Множество A_2	Множество A_3
a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}
...
a_{f_11}	a_{f_22}	a_{f_33}

Шаг 2. Проводим нумерацию строк для каждого множества A_1, A_2, A_3 следующим образом. В качестве нумератора будем использовать множество $B = \{b_{mn}\}$, где m – номер строки, n – признак принадлежности к одному из множеств A . Так как имеется 3 множества, то $n = \overline{1,3}$. Учитывая тот факт, что количество потоков в каждом подмножестве различно, соответственно количество заполненных строк будет разное.

Таблица 2

Нумерация подмножеств A_1, A_2, A_3

№	Множество A_1	№	Множество A_2	№	Множество A_3
b_{11}	a_{i1}	b_{12}	a_{i2}	b_{13}	a_{i3}
...
b_{m_11}	a_{f_11}	b_{m_23}	a_{f_22}	b_{m_33}	a_{f_33}

Шаг 3. Каждый пакет информации состоит из множества показателей $a_{ij} = \{p_{xy}\}$ и формируется он вследствие частичного переноса данных $p_{x_k y_r}$ из других пакетов информации $a_{i_k j_r} = \{p_{x_k y_r}\}$. Запишем это следующим образом: $a_{ij}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$; в скобках отображается множество пакетов информации, которые участвуют в создании пакета a_{ij} . Таким образом, преобразуется табл. 2 в табл. 3.

Таблица 3

Пакеты информации и их составляющие

№	Множество A_1	№	Множество A_2	№	Множество A_3
b_{11}	$a_{i1}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$	b_{12}	$a_{i2}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$	b_{13}	$a_{i3}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$
...
b_{m_1}	$a_{f_1 1}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$	b_{m_3}	$a_{f_2 2}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$	$b_{m_3 3}$	$a_{f_3 3}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$

Шаг 4. Поскольку все пакеты информации пронумерованы, заменим выражение $a_{ij}(a_{i_1 j_1}, \dots, a_{i_k j_r})$ на эквивалентное $a_{ij}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$, в результате получим табл. 4.

Таблица 4

Пакеты информации с нумерацией

№	Множество A_1	№	Множество A_2	№	Множество A_3
b_{11}	$a_{ij}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$	b_{12}	$a_{ij}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$	b_{13}	$a_{ij}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$
...
b_{m_1}	$a_{i_k j_k}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$	b_{m_3}	$a_{i_k j_k}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$	$b_{m_3 3}$	$a_{i_k j_k}(b_{i_1 j_1}, \dots, b_{i_k j_r})$

Шаг 5. Для снижения дублирования пакетов информации, принадлежащих разным подмножествам, в нескольких вершинах графа строим табл. 5 на основании данных из табл. 4.

Таблица 5

Сопоставление вершин графа с пакетами информации

№ вершины	Множество A_1	Множество A_2	Множество A_3
1	b_{i1}	b_{i2} , если $a_{i_k 1} = a_{i_k 2}$	b_{i3} , если $a_{i_k 1} = a_{i_k 3}$
...		b_{i2} , если $a_{i_k 1} \neq a_{i_k 2}$	b_{i3} , если $a_{i_k 2} = a_{i_k 3}$
z			b_{i3} , если $a_{i_k 2} \neq a_{i_k 3}$

Шаг 6. Заполнив табл. 5, переходим к непосредственному построению графа. Выносим вершины графа в произвольном порядке на основании табл. 5, количество вершин от 1 до z (рис. 4).



Рис. 4. Вершины графа информационных потоков

Затем, используя табл. 5, определяем по номеру вершины z_i значение b_{ij} , а из табл. 4 по найденному значению b_{ij} определяем $a_{ij}(b_{i_1j_1}, \dots, b_{i_kj_r})$. На основании перечня $(b_{i_1j_1}, \dots, b_{i_kj_r})$ в табл. 5 ищем вершины (z_1, \dots, z_k) , соответствующие $(b_{i_1j_1}, \dots, b_{i_kj_r})$, и соединяем вершины (z_1, \dots, z_k) с вершиной z_i дугами, направленными к вершине z_i (рис. 5). Таким образом, данные дуги и выступают в роли ребер.

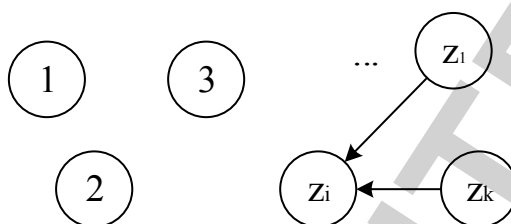


Рис. 5. Граф информационных потоков

В итоге получаем графовую модель системы в виде ориентированного графа, в котором указаны все взаимодействия между пакетами информации в произвольном порядке. Назовем данный граф неупорядоченным графом. Таким образом, неупорядоченный граф несет в себе наглядную информацию взаимодействия только двух вершин, и не дает полную информацию влияния одних потоков информации на другие.

Необходимо преобразовать неупорядоченный граф в упорядоченный граф, что позволит разбить все множество информационных потоков $A = \{a_{ij}\}$ на уровни.

Для этого всю совокупность информационных данных $A = \{a_{ij}\}$ представим в виде множества документов $D = \{d_{ij}\}$, где $i \in I, j \in J$, а пакеты информации – в виде документов. Все множество информационных данных объекта управления можно представить в виде четырех множеств:

$D_1 = \{d_{i1}\}$ – множество входных документов;

$D_2 = \{d_{i2}\}$ – множество выходных документов;

$D_3 = \{d_{i3}\}$ – множество промежуточных документов;

$D_4 = \{d_{i4}\}$; $D_4 = D_1 \cap D_2 \setminus D_3$ – множество транзитных документов.

Можно считать, что $D = D_1 \cup D_2 \cup D_3$, тогда можно говорить о декомпозиции составных частей, причем первый уровень графовой информационной модели (ГИМ1) – множество вершин всех документов $D = \{d_i\}$ и множества дуг $U = \{u_j\}$, соединяющих эти вершины.

$$G = (D, U), \quad (2)$$

где $D = \{d_i\}$ – множество вершин графа G ; $U = \{u_j\}$ – множество дуг графа G ; $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$.

Таким образом, исходная информационная модель потоков информации может быть представлена в виде ориентированного непланарного графа, как показано на рис. 6.

Введем следующие определения. Вершины d_i и d_j называют слабо связными в графе G , если существует путь из d_i в d_j при условии $i \neq j$ [1]. Т. е. часть данных или все данные из документа d_i переходят в документ d_j .

Вершины d_i и d_j называют сильно связными, если в графе $G(D,U)$ существует контур, проходящий через вершины d_i и d_j , включая и петли. Т. е. часть данных из документа d_i переходят в документ d_j , а остальные данные передаются в другие документы.

Для анализа ГИМ1 необходимо сформировать матрицу смежности M , которая будет отражать топологические свойства графа $G(D,U)$. Для множества всех документов матрица M будет квадратной размерности $n \times n$, где n – общее число документов, находящихся в объекте. Общее число потоков, циркулирующих в системе, может составлять от нескольких сотен до миллиона.

Формирование матрицы осуществляется по следующему условию:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если из } i\text{-ой из } j\text{-ю вершину существует путь} \\ 0, & \text{если из } i\text{-ой из } j\text{-ю вершину пути нет} \end{cases}$$

Общее число транзитных путей в графе от вершины d_i в вершину d_j определяется выражением:

$$M^n = M * M * \dots * M = M^{n-1} * M, \quad (3)$$

где $M_{n \times n} = (e_{ij})$ – матрица смежности первого порядка, каждый элемент которой отображает путь длиной равной единице, при $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$;

$M^n = (e_{ij})^n$ – матрица смежности n -го порядка, каждый элемент которой отображает путь из i -ой вершины в j -ю длиной равной n .

Формальный анализ свойств последовательности (3) позволяет выделить в графе $G(D,U)$ петли, циклы, контуры, обратные связи, входные и выходные элементы структуры, максимальные или минимальные маршруты, интервалы связности, дублирующие и избыточные связи [1].

Если все элементы матрицы M , расположенные на главной диагонали равны 0, следовательно в графе отсутствуют петли.

Максимальный маршрут в графе определяется следующим соотношением:

$$S_i = \max_{i \in n} \sum_{j=1}^n e_{ij}^n. \quad (4)$$

Если все элементы столбца матрицы равно нулю $\sum_{j=1}^n e_{ij}^n = 0$, то это означает, что данная вершина графа является входом для рассматриваемой структуры, а при равенстве нулю всех элементов строки $\sum_{i=1}^n e_{ij}^n = 0$ – вершина графа является выходом.

Если в матрице существуют элементы, расположенные под главной диагональю, и они не равны нулю, это означает, что в системе есть обратные связи в виде циклов и контуров.

Для выявления сильносвязных вершин графа, т. е. циклов и контуров, необходимо составить матрицу транзитивного замыкания графа в следующем виде:

$$\tilde{M} = M^n \cup M^{n-1} \cup \dots \cup M \cup I = (M \cup I)^n, \quad (5)$$

где n – порядок матрицы смежности; I – единичная матрица.

Сильносвязные подграфы $V(D,U)$ графа $G(D,U)$ определяются как пересечение вершин достижимых и контрдостижимых из данной вершины:

$$V(d_i) = R(d_i) \bigcap_{i=1}^n Q(d_i), \quad (6)$$

где $R(d_i) = (d_i) \bigcup_{j=1}^n [G^j(d_i)]$ – подмножество вершин графа $G(D,U)$ достижимых из вершин d_i за j интервалов;

$Q(d_i) = (d_i) \bigcup_{j=1}^n [G^{-j}(d_i)]$ – подмножество вершин графа $G(D,U)$, из которых вершина d_i достигается за j интервалов.

Полученные сильносвязанные подграфы нумеруются в порядке возрастания, а вершины, принадлежащие им, в дальнейшем анализе, не участвуют.

В результате исходный граф разбивается на K сильносвязных структур, не имеющих циклов и контуров, распределенных по уровням:

$$V(D) = \bigcup_{i=1}^K V(d_i). \quad (7)$$

Каждый сильносвязный подграф можно идентифицировать как подсистему рассматриваемой информационной структуры объекта управления.

Для синтеза оптимальной структуры информационных потоков необходимо задать критерий оптимизации (целевую функцию), в качестве которого можно выбрать числовую функцию на графе $G \in (D, U)$.

Числовая функция на вершинах графа считается заданной, если каждой вершине графа ставится в соответствие некоторое число $l_i \in Z$:

$$\forall (d_i \in D) \exists (l_i \in Z) [l_i = l(d_i)]. \quad (8)$$

Числовая функция на дугах ориентированного графа считается заданной, если каждой дуге ставится в соответствие число $h_j \in Z$:

$$\forall (u_i \in U) \exists (h_i \in Z) [h_i = h(u_i)]. \quad (9)$$

Оптимальное значение числовой функции на множестве путей для вершин и дуг графа $G(D, U)$ определяется в соответствии с аддитивной или мультипликативной формой:

$$\begin{cases} I_1(D) = \text{opt} \sum_{d_i \in D}^n l(d_i) \\ I_2(D) = \text{opt} \prod_{d_i \in D}^n l(d_i) \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} I_3(U) = \text{opt} \sum_{u_i \in U}^n h(u_i) \\ I_4(U) = \text{opt} \prod_{u_i \in U}^n h(u_i) \end{cases} \quad (11)$$

В зависимости от постановки задачи оптимизации определяются минимальное или максимальное значения целевых функций (8) и (11).

В качестве примера для графа, приведенного на рис. 6, составлена матрица смежности $M=(e_{i,j})$ (рис. 7), ненулевые элементы которой, после исключения петель, циклов, контуров и обратных связей, соответствуют маршрутам движения информации между документами. Как видно из рис. 7, она содержит два столбца и три строки, все элементы которых равны нулю. Следовательно, документы d_2 и d_6 являются входными, а d_8 , d_9 и d_{10} – выходными.

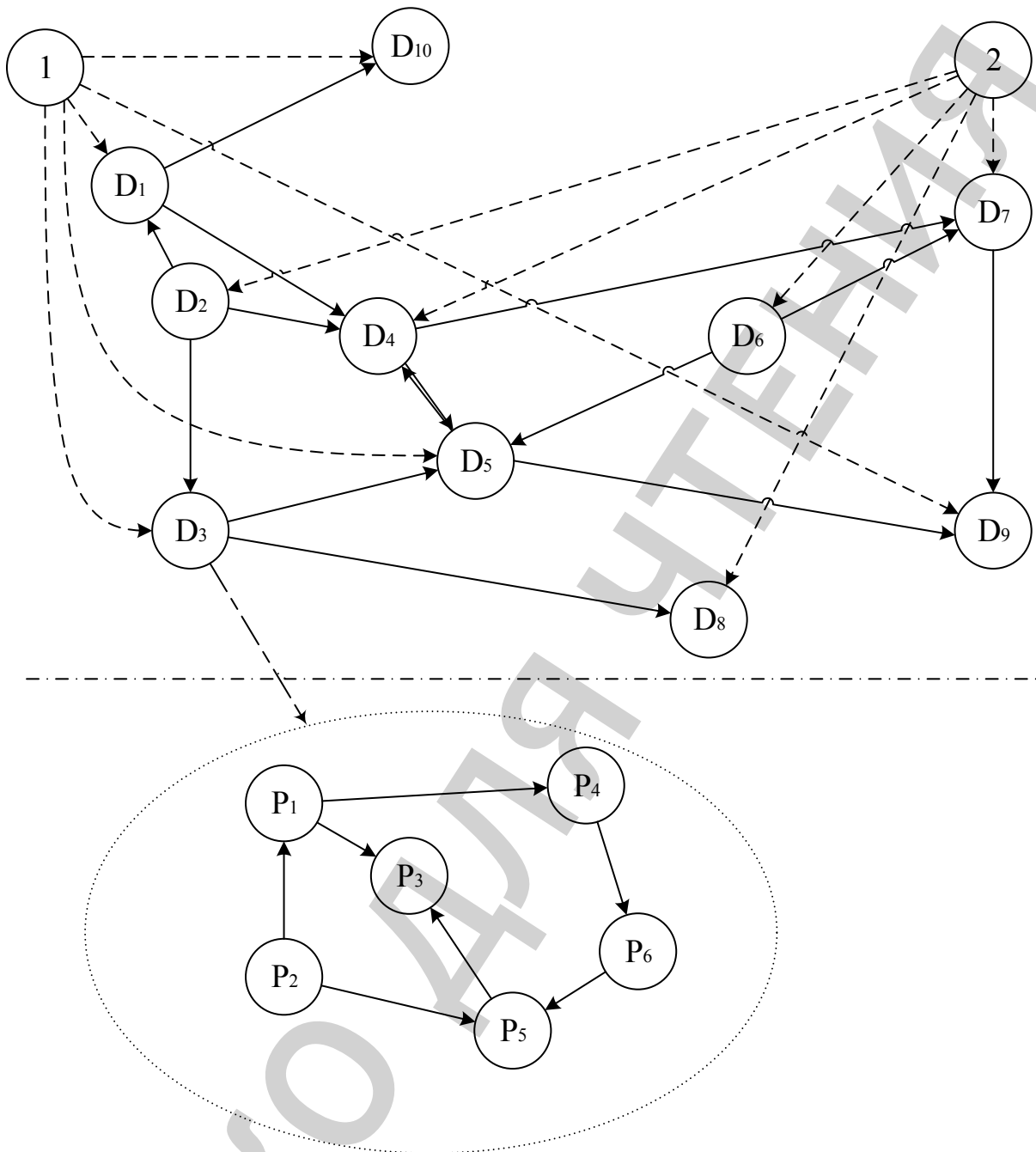


Рис. 6. Граф информационных потоков

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	σ_0	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0*	
2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	1	0*
3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0*		
4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0*		
5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0*			
6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	2	0*		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0*			
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*				
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*				
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*				
											10	7	6		
											9	5	4		
											8		3	1	2
											5	4	3	2	1

Рис. 7. Матрица смежности

Для упорядочения структуры графа информационных потоков предложен следующий алгоритм:

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall(i \in n) [\exists(e_{ij}) \neq 0] | (\sigma_i^0 = \sum_{j=1}^n e_{ij}), i = \overline{1, n}, \\ \exists(k \subset n) \forall(i \in k) \exists(e_{ij} = 0) | (\sigma_i^k = \sigma_i^0 - \sum_{j=1}^k e_{ij}), i = \overline{1, k} \end{array} \right. \quad (12)$$

где $i = \overline{1, n}$ – количество строк матрицы M;

$j = \overline{1, n}$ – количество столбцов матрицы M;

σ_i^0 – сумма ненулевых элементов i-ой строки матрицы M;

σ_i^k – сумма ненулевых элементов i-ой строки за вычетом ненулевых элементов столбцов в k – строках которых были получены нули на предыдущем шаге.

Значения $\sigma_i^0, \sigma_i^1, \dots, \sigma_i^k$, заносятся справа от матрицы смежности по столбцам, а ниже этих столбцов заносятся номера документов, для которых в ком столбце были получены нулевые значения.

На рис. 8 показан граф $G_S(D, U)$, полученный из исходного графа $G(D, U)$ с сохранением первичных связей между вершинами.

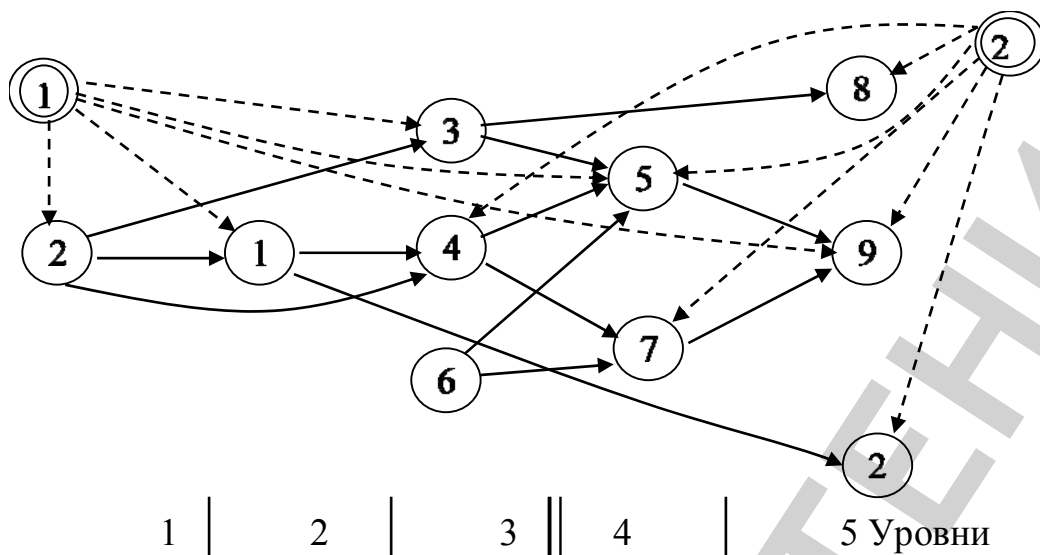


Рис. 8. Граф упорядоченных информационных потоков

Используя приведенный выше алгоритм упорядочивания графа, время на формирование исходных данных для информационного обеспечения АСУ ВУ-За сокращается за счет программных средств.

Рассмотрим второй уровень (ГИМ2) – взаимодействие показателей $P = \{p_{ji}\}$.

Для построения ГИМ2 в качестве исходных данных используем построенную выше матрицу смежности (рис. 10) и показатели. Поскольку каждый пакет информации состоит из множества показателей $e_{ij} = \{p_{xy}\}$ и образуется вследствие частичного переноса данных $p_{x_k y_r}$ из других пакетов информации $e_{i_k j_r} = \{p_{x_k y_r}\}$, произведём замену e_{ij} на множество $\{p_{xy}\}$, где $i = x$, y – номер показателя i -го документа, в строках и столбцах. Произведем замену значения «0» на нулевую матрицу, а значения «1» таблицы на соответствующую матрицу которая формируется по следующему условию:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если из } i\text{-ой в } j\text{-й осуществляется перенос показателя} \\ 0, & \text{если из } i\text{-ой в } j\text{-й показатель не переносится} \end{cases}$$

По окончании преобразований, получим матрицу смежности показателей.

Графовая модель движения показателей позволяет определить основные показатели, которые будут служить базовыми полями базы данных ИСУ. В дальнейшем, графовую модель показателей оптимизируем посредством преобразования из линейной структуры в граф типа «дерево».

Рассмотрим простейший документооборот, на примере трех документов и некоторых показателей этих документов.

Документы:

- приказ о зачислении студентов;
- справка студента о месте учебы;
- журнал регистрации справок.

	P2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ДЗ	P3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 11. Матрица смежности документооборота по показателям

Полученный граф движения показателей представлен на рис. 12.

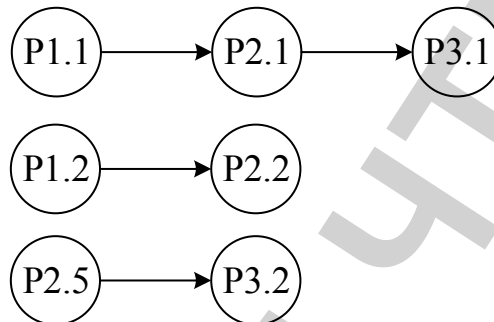


Рис. 12. Графовая модель движения показателей

Дальнейший анализ матрицы смежности показателей и графовой модели движения показателей, позволяет определить базовые показатели. Это показатели: P1.1; P2.1; P2.5, которые являются первичными, а также выдвинуть предложения по созданию полей баз данных.

В дальнейшем рассмотрим взаимодействие ВУЗа с внешней средой.

Система образования в ВУЗах ориентирована на получение базовых знаний, умений и навыков, такая система выполняет мониторинг внешнего рынка, то есть анализирует рынок труда – система анализа рынка труда (САРТ).

Разработана схема движения информационных потоков в высшем учебном заведении, влияния внешних и внутренних факторов на основную деятельность ВУЗа (рис. 13).

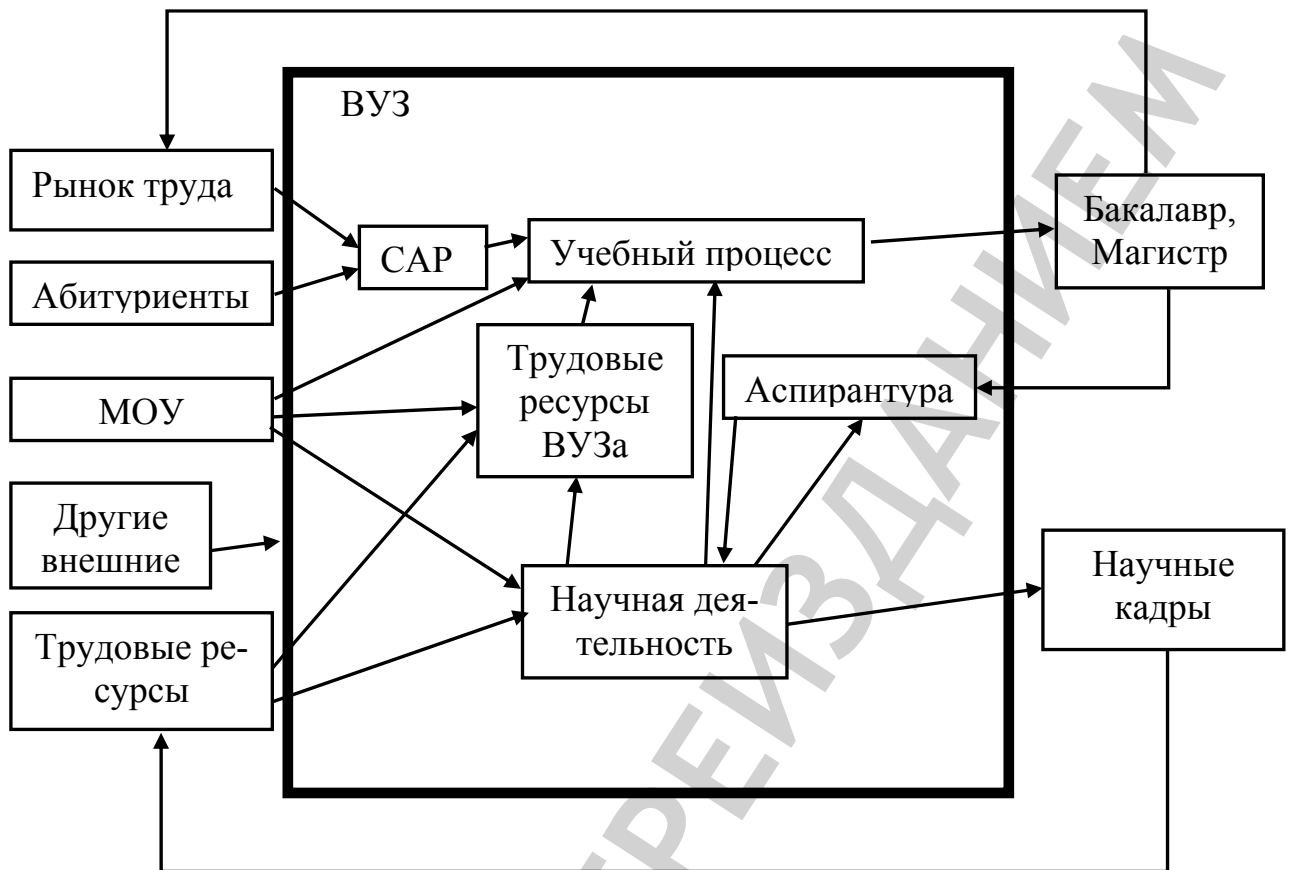


Рис. 13. Схема движения информационных потоков ВУЗа

В информационной схеме (рис. 13) выделяются два внешних контура и несколько внутривузовских:

- внешний контур влияния на рынок труда;
- внешний контур влияния на научные кадры (трудовые ресурсы);
- внутренний контур взаимодействия учебной деятельности и научной;
- внутренний контур взаимодействия учебной деятельности и трудовых ресурсов.

Определив основные факторы (внешние и внутренние), оказывающие непосредственное влияние на деятельность ВУЗа, а также контуры обратной связи, представим формальную модель ВУЗа в виде:

$$D = \{ P_t (T_p (m, b), H_k (k, d)); M (z, n); A (a); \mathcal{E}; I \}, \quad (13)$$

где D – деятельность ВУЗа; P_t – рынок труда; $T_p(m, b)$ – трудовые ресурсы m магистры, b – бакалавры, k – кандидаты, d – доктора; M – министерство образования (законодательство и номенклатура); $H_k(k, d)$ – научные кадры; A – абитуриенты, a – численность населения; \mathcal{E} – экономические факторы; I – информационное обслуживание.

Данная информационная схема позволяет определить основные факторы, влияющие на деятельность ВУЗа, в том числе на качество образования, а также построить формальную модель деятельности ВУЗа. К данным факторам можно отнести полученные контуры взаимодействия ВУЗа и внешней среды.

7. SWOT-анализ результатов исследований

Strengths. Проведенные исследования внедрения разработанной модели информационного взаимодействия позволили получить следующий эффект:

- избавиться от избыточности информации в системе управления ВУЗа;
- снизить нагрузку на компьютерную сеть ВУЗа.

Предложенный алгоритм формирования схемы движения информационных потоков в системе управления ВУЗа позволил сократить время формирования схемы движения информационных потоков в системе управления, т. е. снизить материальные затраты на анализ системы управления ВУЗом.

Weaknesses. Использование предложенного алгоритма влечет за собой дополнительные материальные затраты на модернизацию уже внедренных систем управления, связанные с реорганизацией существующих баз данных.

Opportunities. Дополнительные возможности, обеспечивающие достижение цели исследования, кроются в следующих вероятных внешних факторах. Высшие учебные заведения широко распространены в бывших республиках Советского Союза. Все системы управления ВУЗом сегодня могут считаться устаревшими как физически, так и морально. При этом полученные в результате внедрения результаты могут стать основой для дальнейшего развития исследования систем управления. В частности, может быть исследовано влияние организационной структуры ВУЗа на качество образования и анализа существующего документооборота ВУЗа.

Threats. Сложности во внедрении полученных результатов исследования связаны с двумя основными факторами. Первый из них – отсутствие достаточного финансирования ВУЗов для закупки современной вычислительной техники и программного обеспечения. Поскольку экономика в бывших республиках Советского Союза находится в упадочном состоянии, для решения данной проблемы привлекаются дополнительные инвестиции от исследовательских организаций.

Второй фактор – рынок современного программного обеспечения для систем управления, предлагаемого от мировых компаний-лидеров. К таким программным комплексам можно отнести программные продукты фирмы «1С». К достоинствам данного решения можно отнести наличие комплексного решения отдельных задач, однако все подсистемы управления связаны на уровне переноса данных, тем самым увеличивают избыточность информации.

8. Выводы

1. Определены основные внешние и внутренние факторы, оказывающие непосредственное влияние на деятельность ВУЗа:

- численность населения;
- деятельность Министерства образования и науки;
- рынок труда;
- трудовые ресурсы.

2. Предложена формальная модель ВУЗа, которая позволяет исключить избыточность информации, циркулирующей в системе. Используя алгоритм анализа и оптимизации информационных потоков:

- решены задачи по оптимизации информационной структуры ВУЗа в системе;
- определены взаимодействия подразделений;
- установлены рациональные связи между источниками и приемниками информации и пути ее циркуляции.

Литература

1. Andrushchenko, V. P. Osnovni tendentsii rozvytku vyshchoi osvity na rubezhi stolit [Text] / V. P. Andrushchenko // Vyshcha osvita Ukrainy. – 2001. – No. 1. – P. 5–9.
2. Zhuk, Yu. Treba vmity dyvytys u vichi, abo v Bolonskyi protses slid vkhodyty z ukrainskym pozytyvnyim dosvidom, vrakhovuiuchy realii [Text] / Yu. Zhuk // Osvita. – 2005. – No. 12. – P. 17–25.
3. Sokolova, N. A. Imitatsionnaia model' protsessa distantsionnogo obucheniiia [Text] / N. A. Sokolova, O. O. Boskin // Modelirovanie ob'ektov i sistem AAEKS. – 2004. – Vol. 1, No. 13. – P. 50–62.
4. Yakusevych, Yu. H. Analiz problem reformuvannia osvity ta pobudova formalizovanykh modelei VNZ [Text] / Yu. H. Yakusevych // Problemy informatsionnyh tehnologii. – 2015. – No. 17. – P. 100–109.
5. Hodakov, V. E. Vysshee obrazovanie: vzgliad so storony i iznutri [Text] / V. E. Hodakov. – Kherson: KhNTU, 2006. – 338 p.
6. Vulfson, B. L. The World Educational Space in the Mirror of Comparative Pedagogy [Text] / B. L. Vulfson // Otechestvennaia i zarubezhnaia pedagogika. – 2012. – Vol. 1, No. 4. – P. 27–42.
7. Uvarova, T. G. Transformatsiia upravleniia VUZom na printsipah menedzhmenta znanii [Text] / T. G. Uvarova // Problemy sovremennoi ekonomiki. – 2007. – Vol. 4, No. 24. – P. 349–352.
8. Gavrilova, T. A. Razrabotka korporativnyh sistem upravleniia znaniiami [Electronic resource] / T. A. Gavrilova, L. Yu. Grigorev // BIG-Peterburg. – Available at: [\www/URL: http://www.big.spb.ru/publications/bigspb/km/create_kms.shtml](http://www.big.spb.ru/publications/bigspb/km/create_kms.shtml)
9. Zhukovskya, I. E. Innovative aspects of enhancement of management processes in the higher educational institution on the basis of application of modern information and communication technologies [Text] / I. E. Zhukovskya // Open Education. – 2016. – No. 4. – P. 17–22. doi:[10.21686/1818-4243-2016-4-17-22](https://doi.org/10.21686/1818-4243-2016-4-17-22)
10. Kosmacheva, I. M. Subsystem of control of access in university information systems [Text] / I. M. Kosmacheva, E. P. Yakovleva // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer science and Informatics. – 2016. – No. 2. – P. 25–34.
11. Kovalevsky, V. Formation of modern information educational environment: experience of orenburg state university [Text] / V. Kovalevsky, V. Bykovsky, T. Volkova, E. Dyrkina // Informatizatsiia obrazovaniia i nauki. – 2015. – Vol. 2, No. 26. – P. 15–23.
12. Shakhgeldyan, C. Integration of University Information Resources into the Unified Information Environment [Text] / C. Shakhgeldyan, V. Kryukov //

Proceedings of the 10-th International Conference of European University Information Systems (ENUS 2004). – Slovenia, 2004. – P. 321–327.

13. Riesen, Yu. S. Mathematical Modeling of the Educational Process in Assessing the Quality of a Higher Education Institution's Operation [Text] / Yu. S. Riesen, A. A. Zakharova, M. G. Minin // Informatsionnoe obshchestvo. – 2014. – No. 3. – P. 25–33.

14. Hubalovsky, S. System Approach, Modeling, Simulation as Educational Technologies in Algorithm Development and Programming [Text] / S. Hubalovsky // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 191. – P. 2226–2230. doi:[10.1016/j.sbspro.2015.04.267](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.267)

15. Akhmedova, Kh. G. Use of information technologies to increase the quality of the univeristy education [Text] / Kh. G. Akhmedova, I. Yu. Kvyatkovskaya // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer science and Informatics. – 2015. – No. 1. – P. 124–130.

16. John, S. P. The integration of information technology in higher education: A study of faculty's attitude towards IT adoption in the teaching process [Text] / S. P. John // Contaduria y Administracion. – 2015. – Vol. 60. – P. 230–252. doi:[10.1016/j.cya.2015.08.004](https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.004)