

УДК 519.17: 504.06

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФОВ

Т.В. Киселева¹, В.Г. Михайлов², Я.С. Михайлова²

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

Информация о статье

Принята 05 марта 2021 г.

Ключевые слова: управление, ориентированный граф, безопасность, организационно-экономический механизм, природоохранная деятельность, стимулирование.

DOI: 10.26730/2587-5574-2021-1-63-73

Аннотация.

Одно из важнейших направлений эффективного функционирования как отдельных промышленных предприятий, так и региона в целом связано с управлением эколого-экономической деятельностью. Такая ситуация требует поиска не только направлений совершенствования организационно-экономического механизма управления природоохранной деятельностью, но и его отдельных инструментов, адаптированных к особенностям конкретного объекта управления. В качестве данного инструмента можно использовать ориентированные графы. В статье представлен анализ известных организационно-технологических решений в области управления системами разного уровня с использованием ориентированных графов. Разработаны графы возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона с учетом соблюдения интересов предприятий-природопользователей и обеспечения устойчивого социо-эколого-экономического развития территории. Определена оптимальная траектория движения, обеспечивающая необходимый уровень экологической безопасности с учетом минимальных затрат на ее достижение. Полученные результаты целесообразно использовать при разработке стратегий устойчивого развития территорий, предприятий и их объединений.

MANAGEMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC ACTIVITIES OF ORGANIZATION SYSTEMS USING ORIENTED GRAPHS

Tamara V. Kiseleva¹, Vladimir G. Mikhailov², Yana S. Mikhailova²

¹Siberian State Industrial University

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Article info

Received March 05, 2021

Keywords:

management, oriented graph, safety, organizational and economic mechanism, environmental protection, incentives

Abstract.

One of the most important areas for the effective functioning of both individual industrial enterprises and the region as a whole is associated with the management of environmental and economic activities. Such a situation requires a search not only for directions of improving the organizational and economic mechanism for managing environmental protection activities, but also for its individual tools, adapted to the characteristics of a specific control object. Oriented graphs can be used as this tool. The article presents an analysis of known organizational and technological solutions in the field of managing systems of different levels using oriented graphs. Graphs of possible strategies for achieving the required level of environmental safety in the region have been developed, taking into account the interests of enterprises-users of natural resources and ensuring sustainable socio-ecological and economic development of the territory. The optimal trajectory of movement has been determined, which ensures the required level of environmental safety, taking into account the minimum costs for its achievement. It is advisable to use the obtained results when developing strategies for sustainable development of territories, enterprises and their associations.

1 Introduction / Введение

Процессы управления эколого-экономической деятельностью приобретают в современных условиях первостепенное значение в связи с процессом реформирования экологического законодательства, необходимостью совершенствования организационно-экономического механизма управления природоохранной деятельностью и поиска инновационных инструментов прогнозирования и управления.

Одним из таких инструментов являются разнообразные графы [1]. В связи с тем, что для построения графовых моделей применяются разные виды графов, в исследовании [2] рассматривается, что с помощью ориентированных графов можно не только отображать структуру взаимодействия в сложной системе, но и производить оценку возможного изменения или поведения системы в целом, то есть создавать модели динамического характера.

Следует отметить, что дискретные модели в виде взвешенных графов с реализацией на них импульсных процессов универсальны. Они широко применяются при описании технических систем и протекающих в них процессов. Кроме того, данные модели являются полезными в случае анализа более сложных и неопределенных систем, например, для разработки экономических, социальных программ и управленческих решений.

Применение теории графов в моделировании сложных биологических систем показывает универсальность методов дискретной математики. При этом задачи, возникающие в предметных областях, в том числе таких, как биология, экология и других, смежных с ними областях, приводят к возникновению новых математических идей, понятий, теорий.

Целью данной работы является анализ известных теоретических исследований области использования ориентированных графов в управлении социально-экономическими и эколого-экономическими системами разного уровня [3-5] и разработка графа возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона.

2 Materials and Methods / Материалы и методы

Методология анализа и практического применения ориентированных графов для решения эколого-экономических задач изложена в научных разработках В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, А.В. Щепкина, С.А. Баркалова и других исследователей. Для достижения цели данного исследования необходимо решить следующие задачи:

- проведен анализ известных исследований в области теоретических разработок и практического применения ориентированных графов, который показал актуальность и эффективность использования данного инструмента на реальных объектах;
- определены специфические характеристики ориентированных графов, используемых для решения эколого-экономических задач;
- построен ориентированный граф возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона, в вершинах которого отображены значения уровня экологической безопасности региона для конкретного временного интервала;
- построен ориентированный граф расчета возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона, в вершинах которого отображены значения затрат ресурсов для конкретного временного интервала;
- использование рассмотренного инструмента – ориентированного графа имеет практическое значение для процесса управления реальными социально-экономическими и эколого-экономическими системами.

3 Results and discussion / Результаты и обсуждение

В работе [6] отмечается, что для решения задач управления могут использоваться эвристические алгоритмы [7], в большинстве случаев способствующие достижению требуемого результата. Одна из возможных задач, которую можно решить с помощью эвристических правил – это распределение ресурсов по фронту работ, для чего применяются различные правила приоритета.

Для распределения ресурсов с помощью степени критичности операций на первом этапе определяется продолжительность операций, равная $ti = Wi/bi$, и просчитывается сетевой график с конца с заданием продолжительности проекта T и определением наиболее поздних моментов

начала работ. Этот наиболее поздний момент начала называется степенью критичности (СК) работы.

Обоснованием целесообразности использования данного правила является идеология метода критического пути, согласно которой на критические работы следует обращать внимание в первую очередь. В качестве примера оптимальности полученного решения можно рассмотреть сетевой график, имеющий вид дерева (рис. 1), где все операции выполняются единицей ресурса (с фиксированной интенсивностью) и имеют одинаковые продолжительности t .

В данном случае приоритетность по минимальной степени критичности эквивалентна приоритетности по максимальному рангу соответствующей вершины дерева (ранг вершины равен числу вершин пути, соединяющего данную вершину с конечной). Для случая $N = 2$ на рис. 1 пунктиром выделены множества работ, выполняемых одновременно, а римские цифры показывают очередность их выполнения. Максимальная очередность проекта равна 7.

Для анализа информационных процессов также удобно использовать теорию графов. Авторы [8] рассматривают информацию в следующем виде:

- исходные данные – информация, которая поступает в систему;
- промежуточные результаты – результаты переработки исходных данных, которые используются для вычисления других результатов, но сами из системы не выделяются;
- окончательные результаты – вырабатываемые системой результаты переработки исходных данных;
- функциональные результаты – объединенная в группу совокупность окончательных результатов.

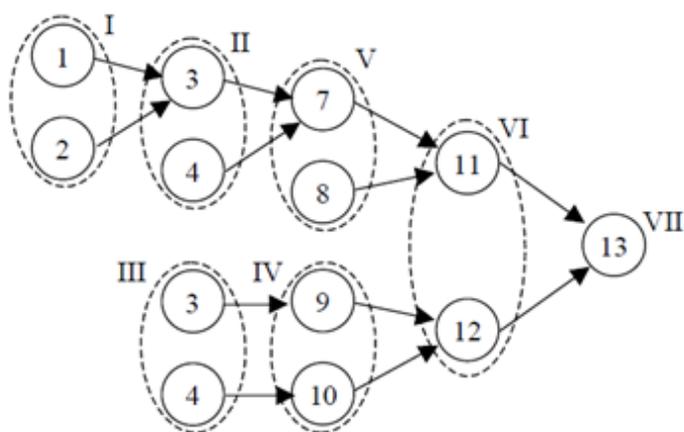


Рис. 1. Сетевой график вида дерева

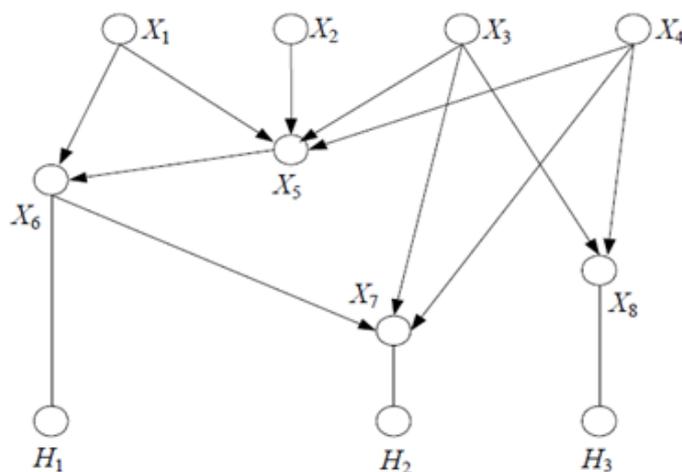


Рис. 2. Расширенный информационный граф

Совокупность исходных данных и окончательных результатов составляет информационный базис системы. Структурные компоненты потока информации пронумеровываются и обозначаются через x_i ($i=1, 2, \dots, n$).

Структурным компонентам потока информации x_1, x_2, \dots, x_n сопоставляются вершины графа x_1, x_2, \dots, x_n и каждая пара вершин x_i и x_j соединяется дугой, идущей от x_i к x_j только в том случае, когда компонента x_i является входом компоненты x_j , дополненной вершинами H_j , характеризующими перечень задач, решаемых службой.

В связи с тем, что в этом случае нет дуг, выходящих из H_j , такой граф целесообразно называть расширенным информационным графом. Для графа, показанного на рис. 2, можно установить отношения вхождения и порядка.

Строка вида $x_i = x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$ означает, что компонента, записанная слева от знака равенства, образуется непосредственно из компонент входов, записанных справа.

Авторы исследования отмечают, что теория графов, являясь мощным теоретическим аппаратом, дает возможность эффективно использовать ЭВМ. В памяти машины графы представляются соответствующими матрицами смежности, что позволяет проводить исследование информационных потоков и решать другие конкретные задачи создания АСУ.

В качестве модели эколого-экономической системы может быть использован ориентированный граф (рис. 3) [9], в вершинах которого находятся промышленные предприятия и другие элементы ЭЭС, а по дугам движутся техногенные потоки вещества.

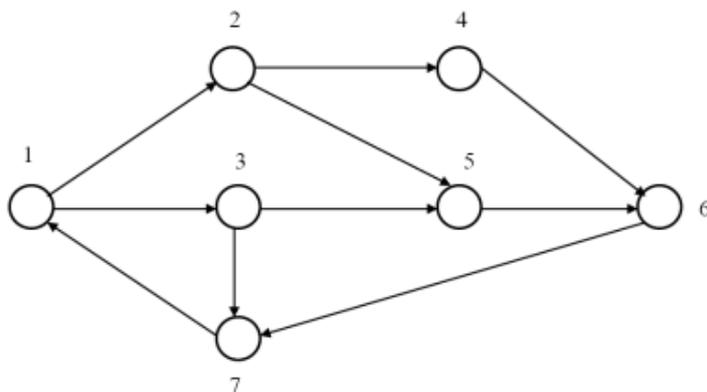


Рис. 3. Пример графа эколого-экономической системы

Условные обозначения:

- 1 – биосфера;
- 2, 3 – добывающие предприятия;
- 4, 5 – предприятия, производящие конечный продукт;
- 6 – сфера потребления;
- 7 – предприятие, хранящее и перерабатывающее отходы.

В этом графе имеются две специально выделенные вершины: одна соответствует биосфере, являющейся источником ресурсов для промышленного предприятия, другая – сфера потребления, в которой вещество в виде потребляемого продукта находится в течение некоторого времени. С каждой вершиной связано правило преобразования входных потоков вещества в выходные. В вершинах графа могут находиться как биологически нейтральные, так и токсичные вещества.

Подграф, получающийся выбрасыванием вершин, соответствующих биосфере и сфере потребления, формирует граф промышленного узла эколого-экономической системы.

В исследованиях авторов [10] теория ориентированных графов применена для прогнозирования полной экологической емкости территории Адыгеи. В результате были получены прямые и обратные связи между важнейшими факторами и количественные данные о реакции эколого-экономических систем на их возмущающее действие (рис. 4).

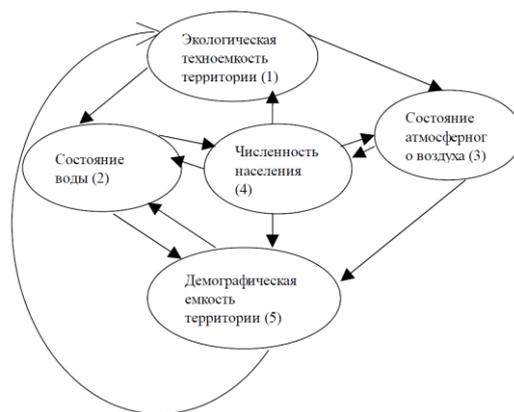


Рис. 4. Орграф для изучения полной экологической емкости территории

В качестве вершин орграфа использовано пять параметров эколого-экономической системы. Дуги орграфа показывают влияние изменения одного показателя на изменение другого. Полученная с помощью орграфа модель отражает воздействие одной вершины на другую. В связи с тем, что развитие системы во времени существенно зависит от вершины, которая активизируется импульсным процессом, возникает возможность управления ею путем выбора активизируемых вершин, величины импульса и времени его воздействия на систему, исходя из критерия оптимальности [4].

В работе [11] представлен знаковый орграф, составленный для социально-эколого-экономической системы, складывающейся в районе строительства крупного гидротехнического объекта и включающий следующие вершины: окружающая среда, строительство, сельское хозяйство, население, заболеваемость, качество воздуха, качество воды, шум.

Этот же автор [11] отмечает, что приведенные возможности моделирования социально-экономического и экологического состояния многокомпонентной системы при импульсном воздействии на нее одного из входящих компонентов, открывают широкие возможности исследований и прогнозирования поведения системы на отдаленную перспективу. При этом существенной проблемой теории орграфов при моделировании природных и социальных задач является установление количественных связей, определяющих степень влияния одного компонента системы на другой. Получение этих данных возможно в результате статистических наблюдений в процессе проведения экологического и социального мониторинга.

Важной проблемой обеспечения контроля за системой управления экологической безопасностью (СУЭБ) [12] является достоверность отчетных данных предприятий-природопользователей. В данной работе предлагается система штрафования за предоставление недостоверной информации [13] о негативном воздействии на окружающую среду на основании данных, полученных от предприятий и официально уполномоченными природоохранными структурами (центр управления) с учетом класса опасности загрязняющих веществ или отходов производства и потребления.

Обеспечение такой достоверности должно быть реализовано на основе механизма контроля СУЭБ на предприятии, который по многим характеристикам соответствует действующему организационно-экономическому механизму управления природоохранной деятельностью, включающему следующие элементы [14]:

- штрафы [15];
- предписания;
- закрытие предприятий;
- увеличение налоговых отчислений;
- плата за негативное воздействие и другие элементы.

В результате можно сформулировать основные задачи, решение которых позволит повысить региональный уровень экологической безопасности (РУЭБ) [3, 16, 17]:

- определение стратегии (вектора развития) повышения РУЭБ;
- определение нормативных УЭБ для предприятий-природопользователей, расположенных в регионе;

• определение системы санкций, мотивирующих предприятия к предоставлению достоверной информации о состоянии СУЭБ.

Задача определения стратегии повышения РУЭБ заключается в ее оценке, соответствующей цели создания СУЭБ региона в сложившихся социо-эколого-экономических условиях. При этом существующий РУЭБ можно принять равным $RES_0 = 0$, а требуемый (конечный) $RES_{преб} = 1$. Промежуточные УЭБ ($RES_1 = 0,25$; $RES_2 = 0,5$; $RES_3 = 0,75$; $RES_4 = 1,0$) задаются с условием того, что каждому из них соответствуют конкретные требования к СУЭБ предприятий, например, количественные показатели снижения негативного воздействия на окружающую среду. Если регион ставит задачу обеспечения выхода на требуемый РУЭБ ($RES_Q = 1,0$) за Q периодов времени (лет), где Q принимаем равным 4, то региональной стратегией обеспечения требуемого УЭБ является вектор $RES = \{RES_1, RES_2, RES_3, RES_4\}$, где RES_j определяет РУЭБ, который планируется реализовать к концу j -го периода. Примем условие, что РУЭБ, достигнутый на каждом заявленном временном интервале, не уменьшается, т.е. $0 \leq RES_1 \leq RES_2 \leq RES_3 \leq RES_4 = 1$. Затраты на достижение и поддержание в период Q уровня RES_j , если в предыдущем периоде был достигнут уровень RES_{j-1} можно обозначить как $RES_{j-1,j}^q$. Данная величина определяется на основе отчетов предприятий, экспертных оценок и другой информации. Требуется решить задачу определения стратегии RES , обеспечивающей к концу расчетного периода $Q = 4$ уровень безопасности $RES_Q = RES_4 = 1,0$ с минимальными затратами.

С целью решения данной задачи требуется построение графа [1] возможных стратегий (рис. 5).

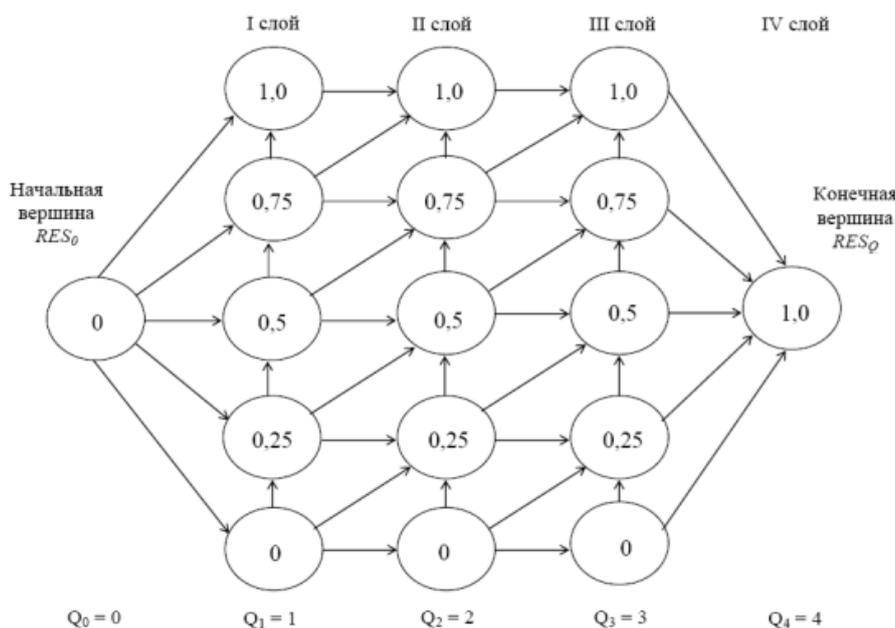


Рис. 5. Граф возможных стратегий повышения УЭБ

Начальная вершина графа соответствует началу первого периода (года). Слой I показывает возможные варианты стратегии к концу 1-го периода:

- оставление прежнего уровня экологической безопасности (УЭБ) ($RES_0 = 0$);
- увеличение УЭБ до значения, соответственно, $RES_1 = 0,25$; $RES_1 = 0,5$ или $RES_0 = 0,75$;
- увеличение УЭБ до конечного значения $RES_1 = 1,0$.

Слой II и III также показывают аналогичные стратегии, соответственно, к концу 2-го и 3-го периода, а слой IV, отдельно не обозначенный на рис. 2.14, содержит только конечную вершину со значением $RES_4 = 1,0$ и показывает, что к концу 4-го периода требуется обеспечить заданный УЭБ, который был принят равным 1.

Путь в графе, соединяющий начальную вершину с конечной, соответствует определенной стратегии повышения УЭБ, например, переходу на принципы наилучших доступных технологий (НДТ) в соответствии с законодательно установленными сроками.

Для выделения пути графа целесообразно обозначение j -ой вершины i -го слоя через (ij) . В этом случае одним из возможных вариантов реализации стратегии повышения УЭБ является «пропорциональное» достижение итогового показателя на каждом временном интервале, когда в 1-ом периоде значение УЭБ составляет 0,25; во 2-ом периоде – 0,5; в 3-м периоде – 0,75; достигая заданного уровня в конечной точке $RES_4 = 1,0$. На практике это означает наличие у предприятия ресурсов, необходимых для «поступательного» достижения итогового показателя. На рис. 6 представлен фрагмент графа, отражающий путь реализации такой стратегии.

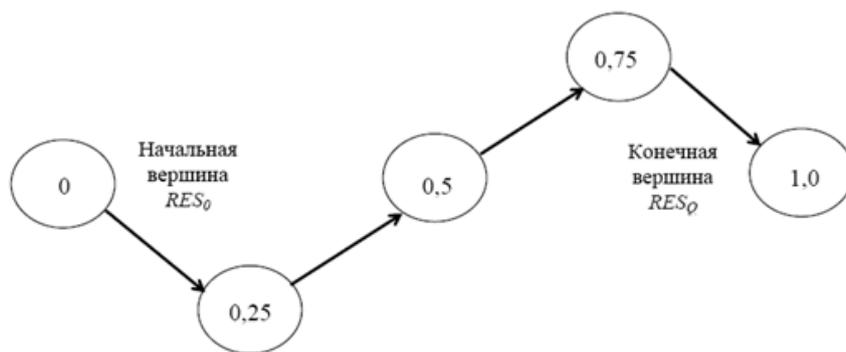


Рис. 6. Фрагмент графа одной из возможных стратегий повышения УЭБ, основанной на «пропорциональном» достижении итогового показателя на каждом временном интервале

Фрагмент графа, представленный на рис. 6, обозначается как $[RES_0; (1; 1); (2; 2); (3; 3); RES_Q]$.

Из рис. 5 и 6 видно, что с помощью графа потенциальных стратегий возможно решение задачи выбора оптимальной стратегии по различным критериям. В частности, одним из критериев могут быть затраты на создание и поддержание УЭБ в подразделениях предприятия, обеспечивающих требуемый УЭБ RES_Q (отделы охраны окружающей среды, систем менеджмента качества и другие). В этом случае в качестве длины дуги $[(Q, j-1); (Q + 1, j)]$ принимаются затраты $RES_{j-1,j}^Q$ на создание и поддержание в периоде Q СУЭБ, обеспечивающие УЭБ, равный RES_j при условии, что в начале периода Q этот уровень был равен RES_{j-1} . Исходя из этого, длина любого пути, соединяющего начальную вершину с конечной, будет равна затратам на создание и поддержание УЭБ при стратегии, соответствующей этому пути. В результате задача сводится к определению пути минимальной длины в графе возможных стратегий.

На рис. 7 показан пример решения задачи. При этом числа в круглых скобках у дуг равны длинам дуг, а числа в квадратных скобках у вершин равны длине минимального (кратчайшего) пути из начальной вершины в данную вершину.

Стратегия, представленная на рис. 7 $[RES_0; (1; 1); (2; 2); (3; 3); RES_Q]$, выделена жирными линиями. Суммарные затраты на ее реализацию составляют 38 условных единиц.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что при решении задачи минимизации затрат на создание СУЭБ за $Q = 4$ года, что обусловлено периодом реализации реформ в национальном экологическом законодательстве, одновременно получено решение задачи для всех $T \leq Q$. В связи с тем, что числа, стоящие у вершин $(T, 4)$, где $T = 1, 2, 3, 4$, определяют минимальные затраты на создание требуемого УЭБ RES_Q за T периодов. На основании результатов расчета, приведенных на рис. 7, видно, что достижение УЭБ за 3 периода требует 40 условных единиц, за 2 периода – 45 условных единиц, за 1 период – 75 условных единиц.

Альтернативным способом представления ориентированного графа, направленным на его дальнейшее усовершенствование, является построение матрицы смежности [18], показывающей взаимосвязь смежных вершин (таблица 1).

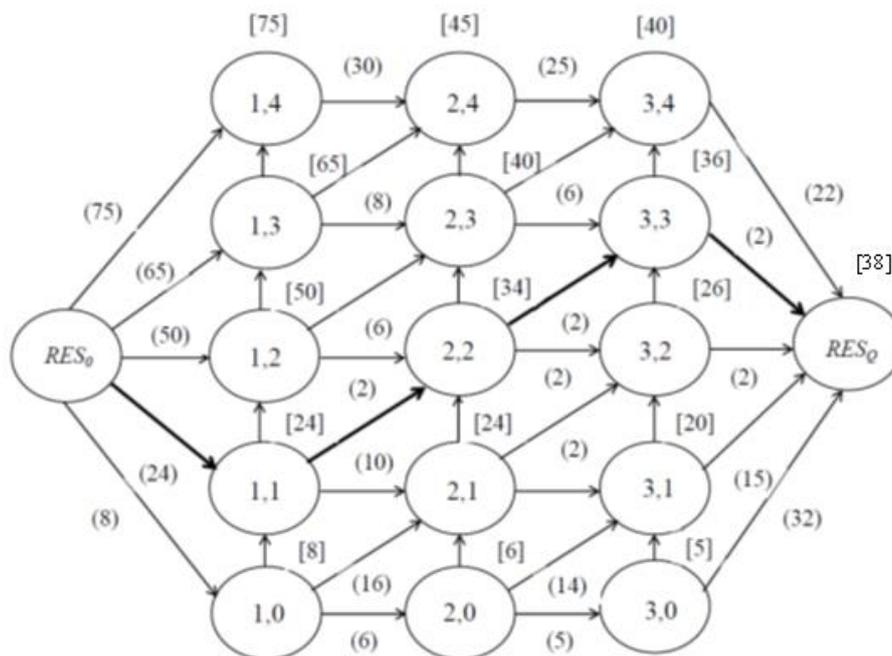


Рис. 7. Пример расчета возможных стратегий на основе графа

Таблица 1. Матрица смежности вершин графа возможных стратегий повышения уровня экологической безопасности

	RES_0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	RES_Q
RES_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
RES_Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0

Из таблицы 1 видно, что большинство вершин не являются смежными (значение «0» характеризует отсутствие смежности между вершинами), что определяет потенциальную возможность построения упрощенного ориентированного графа, более эффективно описывающего рассматриваемую эколого-экономическую систему.

Другим вариантом представления ориентированного графа является матрица инцидентности (таблица 2), количество строк в которой соответствует числу вершин, а количество столбцов – числу ребер. В данной матрице указываются связи между инцидентными элементами графа (ребро(дуга) и вершина). В ориентированном графе если ребро выходит из

вершины, то соответствующий элемент равен 1, если ребро входит в вершину, то соответствующий элемент равен -1, если ребро отсутствует, то элемент равен 0.

Табл. 2. Матрица инцидентности вершин графа возможных стратегий повышения уровня экологической безопасности

V	R0-1,0	R0-1,1	R0-1,2	R0-1,3	R0-1,4	1,0-2,0	1,0-2,1	1,1-2,1	1,1-2,2	1,2-2,2	1,2-2,3	1,3-2,3	1,3-2,4	1,4-2,4	2,0-2,1	2,0-3,0	2,0-3,1	2,1-2,2	2,1-3,1	2,1-3,2	2,2-2,3	2,2-3,2	2,2-3,3	2,3-2,4	2,3-3,3	2,3-3,4	2,4-3,4	3,0-RQ	3,0-3,1	3,1-RQ	3,1-3,2	3,2-RQ	3,2-3,3	3,3-RQ	3,3-3,4	3,4-RQ		
R0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	-1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,1	0	-1	0	0	0	-1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

На основании данных таблицы 2 процесс представления графа возможных стратегий повышения уровня экологической безопасности является более удобным для интерпретации и практического использования.

4 Conclusion / Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- проведен анализ известных исследований в области теоретических разработок и практического применения ориентированных графов, который показал актуальность и эффективность использования данного инструмента на реальных объектах;
- определены специфические характеристики ориентированных графов, используемых для решения эколого-экономических задач;
- построен ориентированный граф возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона, в вершинах которого отображены значения уровня экологической безопасности региона для конкретного временного интервала;
- построен ориентированный граф расчета возможных стратегий достижения требуемого уровня экологической безопасности региона, в вершинах которого отображены значения затрат ресурсов для конкретного временного интервала;
- произведено дополнительное представление построенного ориентированного графа в виде матриц смежности и инцидентности для упрощения его интерпретации и практического использования;

использование рассмотренного инструмента – ориентированного графа имеет практическое значение для процесса управления реальными социально-экономическими и эколого-экономическими системами.

Список источников

1. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами: учебное пособие. – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2001. – 124 с.
2. Подлевских М.Н. Использование ориентированных графов в математических моделях экологических и биологических систем // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. – 2017. – № 1. – С. 47-55.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами. – М.: Изд-во ООО Издательская фирма «Физико-математическая литература», 2008. – 244 с.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления. – 2009. – № 1. – С. 2-7.
5. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Оценка основных подходов к определению состояния эколого-экономических систем // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2007. – № 9. – С. 31-32.

6. Алферов В.И., Бурков В.Н., Кравцов А.Е. Эвристические алгоритмы распределения ресурсов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. – № 12. – С. 176-179.
7. Баркалов С.А., Курочка П.Н. Эвристические алгоритмы моделей стимулирования // ФЭС: финансы, экономика. – 2019. – Том 16. – № 6. – С. 9-13.
8. Хорольский В.Я., Гальвас А.В. Использование теории графов в сложных информационных процессах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2007. – № 4. – С. 10-12.
9. Нужи́на И.П., Юдахина О.Б. Концептуальная модель региональной эколого-экономической системы // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2008. – № 1. – С. 54-67.
10. Жемадукова С.Р. Экологическая емкость территории и прогнозирование поведения эколого-экономической системы с помощью оргграфов (на примере Республики Адыгея) // Новые технологии. – 2008. – № 6. – С. 58-61.
11. Бестужева А.С., Волкова А.В. Прогнозирование последствий крупного гидротехнического строительства на основе оргграфов социально-экономических систем // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4-2. – С. 374-381.
12. Рогачев А.Ф., Шеченко А.А., Кузьмин В.А. Оценка эколого-экономической безопасности промышленных предприятий методами нечеткой логики // Труды СПИИРАН. – 2013. – № 7. – С. 77-87.
13. Avdeev V.P., Kiseleva T.V., Burkov V.N. Multivariant active systems // Automation and Remote Control. – 2001. – Т. 62. – No. 10. – P. 1645–1650. DOI: 10.1023/A:1012410432131.
14. Киселева Т.В., Михайлов В.Г., Михайлова Я.С. Формирование региональной системы управления эколого-экономической безопасностью // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – № 6. – С. 403-409.
15. Новиков Д.А. Механизмы снижения ожидаемого ущерба в эколого-экономических системах // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 20-24.
16. Баркалов С.А., Котенко А.М., Половинкина А.И. Модель комплексной оценки уровня безопасности // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 7. – С. 28-33.
17. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Л. Эколого-экономические модели и прогнозы в системе регионального управления // Проблемы прогнозирования. – 2012. – № 1. – С. 88-98.
18. Гусев М.М., Киселева Т.В., Кораблина Т.В. Моделирование процесса распространения информации в социальной сети // Системы управления и информационные технологии. – 2021. – № 1. – С. 54-59.

References

1. Burkov V.N., Zalozhnev A.I., Novikov D.A. Teoriia grafov v upravlenii organizatsionnymi sistemami: uchebnoe posobie [Graph theory in organizational systems management: a study guide]. Moscow: Izdatel'stvo IPU RAN, 2001. 124 p.
2. Podlevskii M.N. Ispol'zovanie orientirovannykh grafov v matematicheskikh modeliakh ekologicheskikh i biologicheskikh sistem [Using an oriented graphs in mathematical models of environmental and biological systems]. Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Serii № 2. Fiziko-matematicheskie i estestvennye nauki = Bulletin of the Perm State Humanitarian Pedagogical University. Series No. 2. Physics, mathematics and natural sciences. 2017. No. 1. pp. 47-55.
3. Burkov V.N., Novikov D.A., Shchepkin A.V. Mekhanizmy upravleniia ekologo-ekonomicheskimi sistemami [Management mechanisms for eco-economic systems]. Moscow: Izdatel'stvo OOO Izdatel'skaia firma «Fiziko-matematicheskaiia literatura» = Publishing house of LLC Publishing company "Physics and Mathematics Literature", 2008. 244 p.
4. Burkov V.N., Novikov D.A., Shchepkin A.V. Modeli i mekhanizmy upravleniia ekologo-ekonomicheskimi sistemami [Models and mechanisms for ecological-economic systems management]. Problemy upravleniia = Management problems. 2009. No. 1. pp. 2-7.
5. Kiseleva T.V., Mikhailov V.G. Otsenka osnovnykh podkhodov k opredeleniiu sostoiianiia ekologo-ekonomicheskikh sistem [The estimation of the basic approaches to definition of a condition of ecological-economic systems]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Bulletin of Tomsk State Pedagogical University. 2007. No. 19. pp. 31-32.
6. Alferov V.I., Burkov V.N., Kravtsov A.E. [et al.]. Evristicheskie algoritmy raspredeleniia resursov [Heuristic algorithms of distribution of resources]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Voronezh State Technical University Bulletin. 2009. Vol. 5. No. 12. pp. 176-179.
7. Barkalov S.A., Kurochka P.N. Evristicheskie algoritmy modelei stimulirovaniia [Heuristic algorithms of models stimulation]. FES: finansy, ekonomika = FES: finance, economics. 2009. Vol. 16. No. 6. pp. 9-13.
8. Khorol'skii V.Ia., Gal'vas A.V. Ispol'zovanie teorii grafov v slozhnykh informatsionnykh protsessakh [Using graph theory in complex information processes]. Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki = Proceedings of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical science. 2007. No. 4. pp. 10-12.
9. Nuzhina I.P., Iudakhina O.B. Kontseptual'naia model' regional'noi ekologo-ekonomicheskoi sistemy [Conceptual model of the regional ecological-and-economic system]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Bulletin of Tomsk State University. Economy. 2008. No. 1. pp. 54-67.

10. Zhemadukova S.R. Ekologicheskaya emkost' territorii i prognozirovaniye povedeniya ekologo-ekonomicheskoy sistemy s pomoshch'yu oragrafov (na primere Respubliki Adygeya) [The ecological capacity of the territorial entity and forecasting the behavior of the eco-economic system using orgraphs (on the example of the Republic of Adygea)]. *Novye tekhnologii = New technologies*. 2008. No. 6. pp. 58-61.
11. Bestuzheva A.S., Volkova A.V. Prognozirovaniye posledstviy krupnogo gidrotekhnicheskogo stroitel'stva na osnove oragrafov sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [Forecasting the consequences of large-scale hydraulic engineering construction based on orgraphs of socio-economic systems]. *MGSU Bulletin*. 2010. No. 4-2. pp. 374-381.
12. Rogachev A.F., Shechenko A.A., Kuz'min V.A. Otsenivaniye ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti promyshlennykh predpriyatiy metodami nechetkoy logiki [Assessment of ecological and economic security of industrial enterprises by methods of fuzzy logic]. *SPIIRAN Papers*. 2013. No. 7. pp. 77-87.
13. Avdeev V.P., Kiseleva T.V., Burkov V.N. Multivariant active systems. *Automation and Remote Control*. 2001. Vol. 62. No. 10. pp. 1645-1650. DOI: 10.1023/A:1012410432131.
14. Kiseleva T.V., Mikhailov V.G., Mikhailova Ya.S. Formirovaniye regional'noi sistemy upravleniya ekologo-ekonomicheskoy bezopasnost'yu [Development of a regional eco-economic safety management system]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov = Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources*. 2020. No. 6. pp. 403-409.
15. Novikov D.A. Mekhanizmy snizheniya ozhidaemogo ushcherba v ekologo-ekonomicheskikh sistemakh [Mechanisms of the expected damage control in ecology-economical systems]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii = Control systems and information technology*. 2008. No. 1 (31). p. 20-24.
16. Barkalov S.A., Kotenko A.M., Polovinkina A.I. [et al.]. Model' kompleksnoi otsenki urovnya bezopasnosti [Model of the complex estimation of the level of safety]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Voronezh State Technical University Bulletin*. 2005. Vol. 1. No. 7. pp. 28-33.
17. Druzhinin P.V., Shkiperova G.L. Ekologo-ekonomicheskie modeli i prognozy v sisteme regional'nogo upravleniya [Ecological and economic models and predictions in the regional management system]. *Problemy prognozirovaniya = Forecasting problems*. 2012. No. 1. pp. 88-98. DOI: 10.15838/esc/2014.2.32.16.
18. Gusev M.M., Kiseleva T.V., Korablina T.V. [et al.]. Modelirovaniye protsessa rasprostraneniya informatsii v sotsial'noy seti [Modeling the process of dissemination of information in a social network]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii = Control systems and information technology*. 2021. No. 1 (83). pp. 54-59.

Авторы

Киселева Тамара Васильевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладных информационных технологий и программирования Сибирский государственный индустриальный университет
654007 г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
E-mail: kis@siu.sibsiu.ru

Михайлов Владимир Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры производственного менеджмента Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
650000 г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: mvg.eohp@kuzstu.ru

Михайлова Яна Сергеевна – ассистент кафедры производственного менеджмента Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
650000 г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: mikhailovayas@kuzstu.ru

Библиографическое описание статьи

Киселева Т.В., Михайлов В.Г., Михайлова Я.С. Управление эколого-экономической деятельностью организационных систем с помощью ориентированных графов // Экономика и управление инновациями — 2021. — № 1 (16). — С. 63-73.

Authors

Tamara Kiseleva – Dr.Sc., Professor, Professor of the Department of Applied Information Technologies and Programming Siberian State Industrial University
654007 Novokuznetsk, Kirova st., 42
E-mail: kis@siu.sibsiu.ru

Vladimir Mikhailov – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Production Management T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000 Kemerovo, Vesennaya st., 28
E-mail: mvg.eohp@kuzstu.ru

Yana Mikhailova – Assistant of the Department of Production Management T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000 Kemerovo, Vesennaya st., 28
E-mail: mikhailovayas@kuzstu.ru

Reference to article

Kiseleva T.V., Mikhailov V.G., Mikhailova Ya.S. Management of ecological and economic activities of organization systems using oriented graphs. *Economics and Innovation Management*, 2021, no. 1 (16), pp. 63-73.