

## Управление календарно-сетевыми графиками строительства в условиях нестабильного мира

*К.А. Христофорова, В.С. Демидова, Д.Н. Кривоги́на*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь*

**Аннотация:** Предлагается модернизированный подход к управлению проектами с помощью календарно-сетевого планирования, в частности, затрагивается вопрос управления графиками в условиях неопределенности. Предложенный подход позволяет учесть факторы, оказывающие влияние на сроки реализации проекта и, на основе их учета, принимать соответствующие меры, позволяющие не отходить от заданных сроков строительства. В основе предложенного подхода лежат методы матриц Эйзенхауэра, позволяющие учесть степени влияния (по вертикали) и важности (по горизонтали) каждого из критериев, и методы субъектно-ориентированного управления, позволяющие исключить субъективизм в условиях неопределенности посредством исключения манипуляций внешней среды, а также включают процедуры ранжирования и выбора факторов, влияющих на принятие решений экспертом.

**Ключевые слова:** управление проектом, срок строительства, календарно-сетевой график, риск, условия неопределенности, субъектно-ориентированное управление, проект, группа факторов, подход, решение.

### Введение

Строительство является одной из самых важных отраслей, задающих темпы развития. Данная отрасль выступает одним из весомых секторов производства материальных благ, а ее определяющая роль заключается в создании условий для динамического развития страны и регионов.

В настоящее время уделяется огромное внимание управлению проектами с помощью календарно-сетевого планирования (далее КСП). Поэтому остается актуальной проблема разработки календарно-сетевых графиков (далее КСГ) с учетом прогнозирования состояния проекта строительства и его окончания. На протяжении всего жизненного цикла проекта необходимо правильно формировать цели и задачи, четко планировать этапы работ, от свое-

---

временного завершения которых будет зависеть окончание срока строительства.

Отметим, что кризис в строительной отрасли начался с началом пандемии Covid-19 и продолжает набирать обороты, в результате чего увеличиваются риски срыва сроков строительства при реализации проектов. В связи с этим, на сегодняшний день отрасль строительства сталкивается с рядом проблем, многие из которых невозможно было предусмотреть в начале реализации проекта. Рассмотрим некоторые из них:

1. Человеческий фактор и последствия субъективизма (ошибки проектирования, планирования, нарушение дисциплины, несоблюдение правил ТБ);
2. Погодные и климатические условия;
3. Срыв даты начала реализации проекта, зависящий от подрядчика;
4. Пандемия Covid-19;
5. Мировая политика, экономика и ее последствия;
6. Введение санкций, в результате чего происходит импортозамещение оборудования и материалов.

На фоне нестабильной экономической обстановки в мире необходимо рассчитать все риски и потери в долгосрочной перспективе при реализации проекта строительства. На данный момент существует огромное количество рекомендаций и методик по управлению проектами, более подробно рассмотрим основные из них.

В своем исследовании кандидат экономических наук Петров Е.С. [1] рассмотрел вопросы управления рисками проекта с помощью программы ППП Oracle Primavera Risk Analysis. Данный пакет позволяет проводить анализ КСГ проекта, составленного в Oracle Primavera Project Management, предлагает набор инструментов для моделирования рисков и анализа влияния

---

планов реагирования на риски, стоимость и сроки проекта. Результатом будут являться графики распределения вероятностей и график торнадо, которые показывают риски проекта и их влияние на события или работы. При помощи реестра рисков можно анализировать события с точки зрения уровней рисков для наиболее точной их оценки. С решением Oracle Primavera Risk Analysis [2] для ведения реестра рисков можно указать конкретное значение неопределенности, связанное с поставленной задачей. Однако данный программный продукт не предусматривает возможности учета факторов субъективизма и прогнозировать сроки окончания строительства.

Автор статьи «Основные принципы тотального управления ограничениями для увеличения эффективности строительных проектов» М.О. Гришин предложил инструмент управления проектом с помощью чек-листов для различных видов работ. Опыт применения в отечественной практике показывает, что при использовании различных методов и инструментов для управления ограничениями строительных проектов, в частности чек-листов и планов-графиков снятия ограничений, даёт положительные результаты в плане роста производительности труда, безопасности, качества работ, повышения вероятности соблюдения сроков проекта, рентабельности строительных проектов. Использование этих инструментов позволяет российским компаниям улучшить экономические показатели своей деятельности и соблюсти сроки окончания проекта [3]. Однако, вопрос управления проектом в условиях неопределенности не был изучен. Эта проблема очень актуальна, вопрос острый и требует тотальной проработки для того, чтобы мы могли четко планировать ресурсы и управлять проектом с максимальной точностью.

Для решения этих проблем необходимо применить методы субъектно-ориентированного управления, предложенные Харитоновым В.А и Алексеевым А.О. [4]. Данные методы направлены на решение прикладных задач в

---

условиях неопределенности посредством исключения манипуляций из внешней среды, а также включают процедуры ранжирования и выбора факторов, влияющих на принятие решений [5, 6].

С целью решения проблемы, представленной в данном исследовании, необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить факторы, влияющие на управление проектом и создать матрицу рисков проекта в условиях неопределенности;
2. Перевести факторы в числовые значения;
3. Создать метод управления КСГ, учитывая факторы, влияющие на управление проектами.

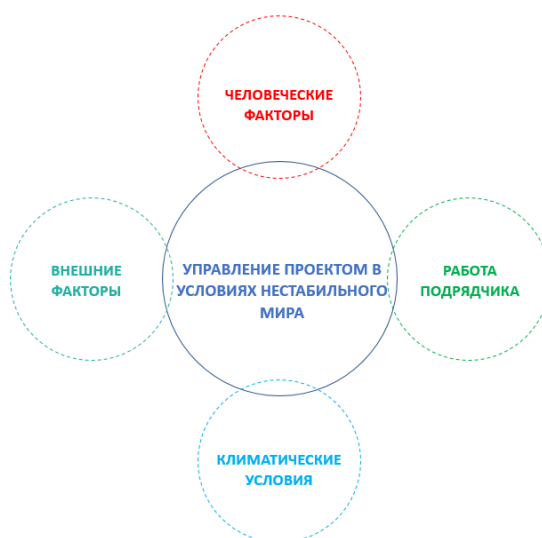


Рис. 1. – Факторы, влияющие на управление проектом

В условиях неопределенности необходимо правильно расставлять приоритеты, то есть выделять степень влияния факторов на сроки реализации проекта. Матрица Эйзенхауэра поможет определить важность и степень влияния каждого из рассматриваемых факторов.

В Матрице Эйзенхауэра [7] применяют метод четырех квадрантов, состоящего из двух осей — это ось степени влияния (по вертикали) и ось важности (по горизонтали). Каждый квадрант будет отличаться, так как зона ка-

---

ждого квадранта заполняется по степени влияния и важности, в результате чего появляется ясная картина того, какие факторы влияют в первую очередь, а какие во вторую. Для осуществления оперативного управления проектом необходимо определить коэффициент значимости факторов по степени их воздействия на сроки реализации проекта [8]. С этой целью необходимо проанализировать проблематику введения проектов за последние три года, опросить экспертов (руководителей проекта)

Деление факторов по степени их воздействия определены в таблице 1.

Таблица 1

Матрица Эйзенхауэра проекта в условиях неопределенности

Степень воздействия/критичность		
Сильно воздействующие	I Критично и сильно воздействующие	II Не критично, но сильно воздействующие
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Мировая политика;</li><li>2. Мобилизация;</li><li>3. Импортозамещение;</li><li>4. Санкции;</li><li>5. Уровень инфляции;</li><li>6. Отрицательные температуры при работе на открытом воздухе;</li><li>7. Ошибки планирования;</li><li>8. Дополнительные работы, не учтенные проектом;</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Финансирование по договору подрядчика;</li><li>2. Согласование;</li><li>3. Частая ротация персонала подрядчика;</li><li>4. Строительство на действующем производстве;</li><li>5. Не опытный подрядчик;</li><li>6. Кредитная политика государства;</li></ol>
Сильно воздействующие	III Критично, но не сильно воздействующие	IV Не критично и не сильно воздействующие
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Миграция населения;</li><li>2. Нарушение дисциплины;</li><li>3. Не соблюдение правил ТБ;</li><li>4. Стесненные условия;</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сезонность работ;</li><li>2. Агрессивная среда;</li><li>3. Вероятность выпадения осадков;</li><li>4. Пандемия Covid-19;</li><li>5. Высокие температуры, при работе на действующем производстве.</li></ol>

Далее необходимо перевести каждую группу факторов из фазового (физического) состояния в квалиметрическое пространство. Это необходимо для то-

го, чтобы перевести разнородные значения характеристик к единой шкале измерения (табл.2). После чего появляется возможность их свертки с целью осуществления процедуры комплексного оценивания. В рамках методологии субъектно-ориентированного управления (далее СОУ) предусмотрена шкала комплексного оценивания, где 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично» [9].

Таблица 2

Группы факторов и степень их воздействия

Группа факторов	Оценка
I	4 (Критично и сильно воздействующие)
II	3 (Не критично, но сильно воздействующие)
III	2 (Критично, но не сильно воздействующие)
IV	1 (Не критично и не сильно воздействующие)

Согласно матрицы Эйзенхауэра определены факторы, влияющие на сроки реализации проекта по степени важности, и на основе этих факторов построим дерево критериев, в котором каждую характеристику (фактор) предлагается сворачивать попарно, образуя новый совокупный фактор. Построим три основных дерева критериев для оценивания таких факторов, как «Человеческий фактор», «Климатический фактор» и «Внешний фактор» (рис.2, 3,4)

Далее необходимо оценить каждый фактор и построить модель комплексного оценивания в программном комплексе «Декон-Табл», в основе которого лежит механизм матричных сверток [4]. Данные матрицы заполняются экспертом (руководителем проекта), который на основе своего опыта и реально сложившейся ситуации при реализации проекта отдает свое предпочтение в отношении приоритета управления и степени влияния того или иного фактора.

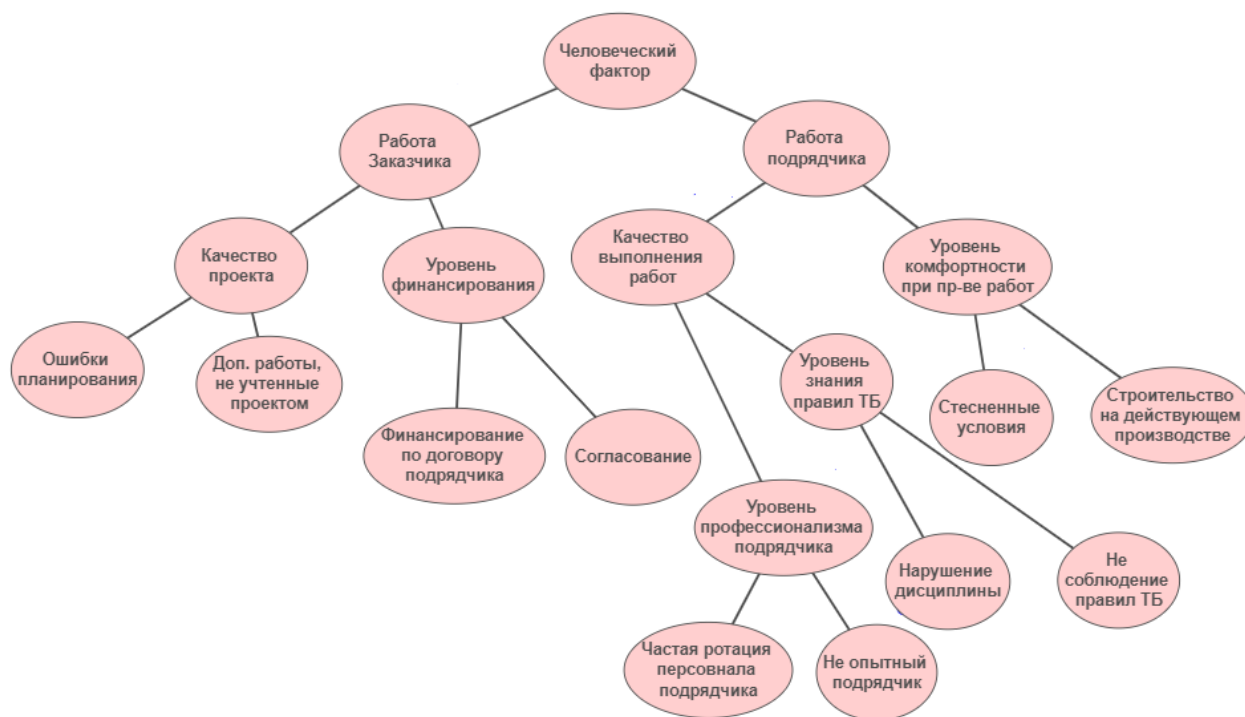


Рис. 2. – Дерево критериев, определяющее «Человеческий фактор»



Рис. 3. – Дерево критериев, определяющее «Климатический фактор»

В соответствии с СОУ существует 12 базовых матриц, с помощью которых можно интерпретировать критерии (таблица 3).



Рис. 4. – Дерево критериев, определяющее «Внешний фактор»

Следующим этапом построения модели является разбор матриц свертки. Матрица свертки позволяет получить комплексную оценку модели [10].

Для заполнения полей критериев необходимо занести значение критерия каждого фактора.

В результате чего видно, чему равна комплексная оценка определенной модели.

Разберем результат комплексной оценки на модели «Внешний фактор» На рис.7 видно, что результат комплексной оценки равен 4, это доказывает то, что «Внешний фактор», также как и «Человеческий фактор» сильно воздействует на сроки реализации проекта.



Таблица 3

Базовые матрицы

Поддержка развития обоих критериев					
Равноправное развитие критериев		Приоритет первого критерия		Приоритет второго критерия	
Поддержка развития хотя бы одного критерия					
Поддержка развития обоих критериев с компромиссом на одного из них					
Равноправное развитие критериев		Приоритет первого критерия		Приоритет второго критерия	

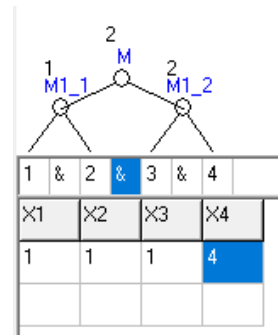
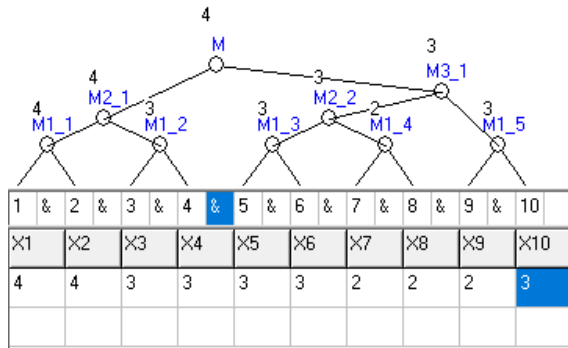


Рис. 5. – Свертка модели «Человеческий  
«Климатический фактор»  
фактор»

Рис. 6. – Свертка модели

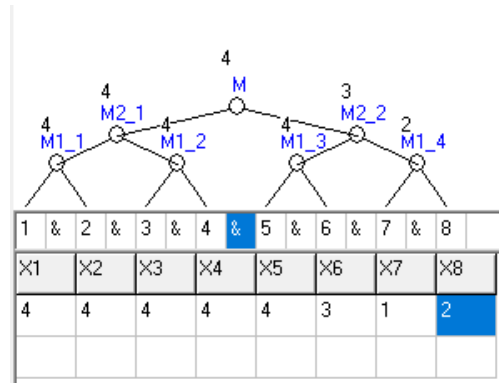
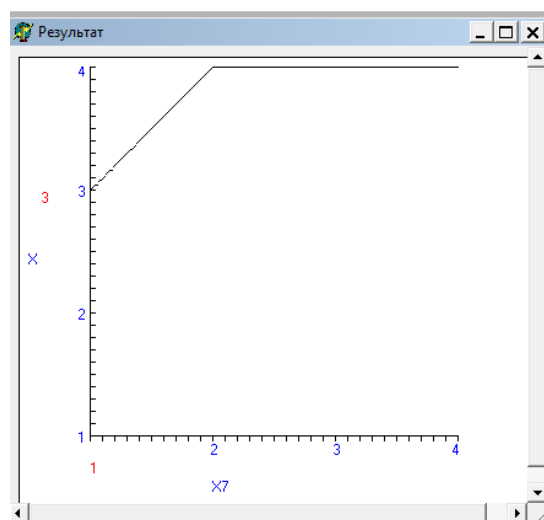


Рис. 7. – Свертка модели «Внешний фактор»

По результатам вычислений и определения комплексных оценок моделей с помощью программного комплекса «Декон-Табл» построим функции чувствительности, которые дают возможность оценить влияние критериев на комплексную оценку.

На рисунке 8 показаны функции чувствительности критерия X7 - Пандемия Covid-19 модели «Внешний фактор», которым можно управлять.



### Рис. 8. – Функция чувствительности критериев

Анализ функции чувствительности свидетельствует о том, что при изменении критерия X7 будет меняться комплексная оценка.

То есть этот критерий в рамках исследуемого проекта будет сильно воздействовать на календарные сроки строительства, о чем свидетельствует функция чувствительности.

Таким образом, на сроки реализации проекта воздействует множество факторов, в результате которых есть риск срыва окончания строительства. Поэтому рекомендуется к календарным срокам реализации проекта добавить 3 месяца, для того, чтобы рационально управлять календарно-сетевыми графиками строительства в условиях неопределенности.

### Заключение

Данный метод комплексного оценивания с механизмом функций чувствительности эффективен в области определения «слабых» критериев, которые требуют определенных мероприятий, направленных на повышение комплексной оценки [11]. Предложенный подход позволяет в зависимости от степени влияния факторов предсказать возможные пути устранения проблем по невыполнению сроков реализации проектов. При этом, следует отметить, что при смене влияния факторов внешней среды, комплексная оценка также будет меняться.

### Литература

1. Петров Е. С. Управление проектными рисками в системе календарно-сетевого планирования / Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: Материалы 5-ой международной научно-практической конференции, Москва, 10 апреля 2015



- года // Под ред. В.И. Ресина. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2015. – С. 112-115.
2. Prilozhenie Oracle 114 Primavera Risk Analysis. URL: [pmssoft.ru/products/oracle-primavera/primavera-risk-analysis/](http://pmssoft.ru/products/oracle-primavera/primavera-risk-analysis/) (дата обращения: 8.12.2022)
3. Гришин М. О. Основные принципы тотального управления ограничениями для увеличения эффективности строительных проектов // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 2. – С. 25-28.
4. Алексеев А. О., Вычегжанин А. В., Дмитрюков М. С., Кривогино Д. Н., Мелехин М. И., Харитонов В. А., Шайдулин Р.Ф. Автоматизированная система субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования/выбора на основе соединения креативности и технологичности ("Джобс-Декон"). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614405 Российская Федерация. № 2018611800: Бюллетень №4: опубл. 05.04.2018.
5. Раковский В. И. Анализ факторов, влияющих на продолжительность работ при строительстве объектов // Альманах мировой науки. – 2017. – № 3-3. – С. 91-93.
6. Букалова А. Ю., Букалов Г.Э. Методика выбора подрядной организации при проведении торгов на строительство на основе принципов субъектно-ориентированного управления // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5399](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5399)
7. Кузьмин А. М. Матрица Эйзенхауэра / Методы менеджмента качества. – 2016. – № 11. – С. 19.
8. Лебедева А. А. Анализ факторов, влияющих на сроки строительства комплексной застройки // Современные методы организации и управления строительством: Сборник статей молодых ученых, аспирантов, молодых специалистов, студентов, Санкт-Петербург, 21 апреля 2020 года. – Санкт-
-



Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 287-293.

9. Христофорова К. А., Демидова В.С., Кривоги́на Д. Н. Субъектно-ориентированное обоснование выбора программного обеспечения для реализации BIM-технологий, совместимых с календарно-сетевым планированием в капитальном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2021, № 12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369)

10. Ostrovskii, R. Development of a Model for Managing the Terms of NPP Construction Projects Based on Production Control // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – Vol. 231. – P. 405-413. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=48432682](http://elibrary.ru/item.asp?id=48432682).

11. Харитонов В. А., Винокур И. Р., Белых А. А. Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки // Управление большими системами: сборник трудов. – 2007. – № 18. – С. 129-140.

### References

1. Petrov E. S. Upravlenie proektnymi riskami v sisteme kalendarnosetevogo planirovaniya. Sovremennye problemy upravleniya proektami v investicionno-stroitel'noj sfere i prirodopol'zovanii: Materialy 5 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 10 aprelja 2015 goda. Pod red. V.I. Resina. Moskva: Rossijskij jekonomicheskij universitet imeni G.V. Plehanova, 2015. pp. 112-115.

2. Prilozhenie Oracle 114 Primavera Risk Analysis. URL: [pmssoft.ru/products/oracle-primavera/primavera-risk-analysis/](http://pmssoft.ru/products/oracle-primavera/primavera-risk-analysis/) (accessed 8.12.2022)

3. Grishin M. O. Nauka i obrazovanie transportu. 2019. № 2. pp. 25-28.

4. Alekseev A. O., Vychezhzhanin A. V., Dmitrjukov M. S., Krivogina D. N., Melehin M. I., Haritonov V. A., Shajdulin R.F. Avtomatizirovannaja sistema subektnoorientirovannogo reshenija linejnyh zadach ranzhirovanija vybora na osnove soedinenija kreativnosti i tehnologichnosti ("Dzhobs-Dekon"). [Automated system of subject-oriented solution of linear ranking/selection problems based on the connection of creativity and processability ("Jobs-Decon")]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2018614405 Rossijskaja Federacija. № 2018611800: Bjulleten' №4: opubl. 05.04.2018.
4. Rakovskij V. I. Al'manah mirovoj nauki. 2017. № 3-3. pp. 91-93.
5. Bukalova, A. Ju., Bukalov G. Je. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5399](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5399)
6. Kuz'min A. M. Matrica Jejzenhaujera. Metody menedzhmenta kachestva. 2016. № 11. 19 p.
7. Lebedeva A. A. Analiz faktorov, vlijajushhih na sroki stroitel'stva kompleksnoj zastrojki. Sovremennye metody organizacii i upravlenija stroitel'stvom: Sbornik statej molodyh uchenyh, aspirantov, molodyh specialistov, studentov, Sankt-Peterburg, 21 aprelja 2020 goda. Sankt Peterburg: Sankt Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno stroitel'nyj universitet, 2020. pp. 287-293.
8. Hristoforova K. A., Demidova V.S., Krivogina D. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7369)
9. Ostrovskii, R. Development of a Model for Managing the Terms of NPP Construction Projects Based on Production Control. R. Ostrovskii. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Vol. 231. pp. 405-413. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=48432682](http://elibrary.ru/item.asp?id=48432682).
11. Haritonov V. A., Vinokur I. R., Belyh A. A. Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov. 2007. № 18. pp. 129-140.
-