



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАШИН И СИСТЕМ

# **МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ УНИВЕРСИТЕТСКИХ БИЗНЕС-ИНКУБАТОРОВ ИТ-КОМПАНИЙ**

05.13.06 – информационные технологии

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Савельев Максим Владимирович

Научный руководитель:  
Литвинов Виталий Васильевич  
доктор технических наук, профессор

Киев 2016

# Актуальность

данной работы обусловлена необходимостью:

- поиска и разработки эффективных моделей и методов вовлечения университетов в экономическую деятельность и кооперацию с промышленностью;
- поиска и разработки эффективных моделей и методов оценки проектов, выполняемых силами университетских команд;
- создания инструментов по поддержке взаимодействия заинтересованных лиц и организаций (стейкхолдеров) в инновационных проектах в области информационных технологий;
- совершенствования учебно-воспитательного процесса в высших учебных заведениях.

# Цель исследования

- Цель работы состоит в создании набора информационных технологий по поддержке бизнес-центров при университетах по выращиванию новых компаний и кооперации с субъектами экономической деятельности

# Задачи исследования

Достижение цели предусматривает решение таких задач:

- анализ состояния взаимодействия высших учебных заведений с субъектами экономической деятельности в Украине по направлению информационные технологии;
- разработка моделей малых IT-предприятий, выделяющихся из университетской среды и их жизненного цикла в университетском бизнес-инкубаторе;
- описания и классификации моделей жизненного цикла IT-проектов и продуктов;
- построение моделей и методов информационной технологии развития IT-предпринимательства в рамках взаимодействия университетов и промышленности;
- построение информационных технологий поддержки и сопровождения образованных в академической среде IT-компаний.

# Объект и предмет исследования

- **Объектом исследования** являются вновь образованные компании в области информационных технологий, выделившиеся из академической среды и их проекты, реализуемые в рамках взаимодействия Университетов и Бизнеса.
- **Предметом исследования** являются методы и инструменты оценки проектов в области информационных технологий, которые выполняются университетскими командами и вновь созданными компаниями, опекаемыми бизнес-центрами при университетах.

# Научная новизна полученных результатов

Впервые:

1. Предложена новая разновидность модели жизненного цикла создания IT-продукта, свободная от противоречий свойственных формальным требованиям ГОСТ 34 и современным «быстрым» методам создания автоматизированных систем.
2. Предложены подходы к построению имитационных моделей и выполнено моделирование основных жизненных циклов создания IT-продукта с помощью формализма стохастических сетей Петри.
3. На основе сетей Петри выполнено моделирование стратегий назначения исполнителей на отдельные виды работ при выполнении IT-проекта .

# Научная новизна полученных результатов

Усовершенствованы:

1. Классификация моделей жизненных циклов разработки IT-продуктов.
2. Методы подбора жизненного цикла создания IT-продукта под конкретный класс автоматизированных систем.
3. Методы оценки зрелости IT-компаний, созданных в рамках сотрудничества академических организаций, университетов и промышленности.

# Научная новизна полученных результатов

Нашли дальнейшее развитие:

1. Идеи развития взаимодействия промышленности и университетов через академическое предпринимательство.
2. Использование методов анализа иерархий для решения задачи по отбору проектов и компаний с целью предоставления поддержки со стороны университетского бизнес-центра.
3. Идеи применения имитационных моделей для оценки сроков создания IT-продукта.
4. Идеи применения интернет технологий для университетских бизнес-центров.



# Публикации

По теме диссертации опубликовано на сегодняшний день 11 работ:

- в том числе 4 статей в научных журналах;
- 1 статья в сборниках научных трудов;
- 5 в тезисах докладов на конференциях;
- Разделы в 1 коллективной монографии.

# Структура диссертации

Диссертация состоит из введения и четырех разделов, выводов, списка использованных источников и приложений.

Полный объем диссертации составляет 232 страниц, в том числе 166 страниц основного текста, 41 рисунок, список использованных источников из 130 наименований.

## Раздел 1. Проблема и задачи взаимодействия университетов и бизнеса в области информационных технологий

- К концу XX века перед экономически развитыми странами встала проблема несоответствия уровня подготовки выпускников ВУЗов и требований экономики.
- И в начале XXI века Украина не является исключением.

# Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

## **США, Западная Европа и Юго-восточная Азия:**

- Государством зафиксированы налоговые льготы для предприятий, которые взаимодействуют с университетами в части НИОКР, а также для ВУЗов в области управления их собственной экономической деятельностью.
- Университеты добиваются перераспределения нагрузки на профессорско-преподавательский состав со стороны обучения в сторону научно-исследовательского процесса.
- Происходит переориентирование программ обучения студентов в университетах с выпуска индивидуального технического профессионала на члена коллектива с развитыми навыками командной работы.
- Стимулируется развитие академического предпринимательства в университетской среде, путем создания бизнес-центров и бизнес-инкубаторов, которые предоставляют услуги по обучению персонала, выращиванию компаний по заказу или под определенную идею.

# Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

## ИТ-сектор в Украине:

- 4% экспорта страны, до 2.1 млрд. дол. США;
- Более 1000 компаний и 90 тыс. сертифицированных профессионалов.

## При этом:

- в 2014 году опустилась с 38 на 41 место в рейтинге привлекательности
- по объему рынка в деньгах и динамике роста в марте 2015 года Украина заняла 51 место.

## Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

Факторы, которые ограничивают развитие в данной отрасли:

- недостатки украинского законодательства;
- слабость некоторых секторов системы образования;
- низкий уровень владения английским языком;
- отсутствие сильных связей между научно-исследовательским и промышленным сектором;
- отсутствие базы и структур, осуществляющих трансфер научных технологий
- низкая инновационная составляющая экономики Украины

## Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

### Факторы, которые ограничивают развитие в данной отрасли:

- годовой прирост IT-специалистов – примерно 15.5 тыс. человек – не способен охватить потребности национальной экономики. Нехватка таких кадров в 2015 году составила почти 70 тыс. специалистов на внутреннем рынке и около 100 тыс. в экспортном секторе

# Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

## Университет в Украине – это:

- учебный, а не научно-учебный центр;
- выпуск специалистов «широкого профиля», которые не готовы к самостоятельной работе «из-за парты» и требуют дополнительной подготовки на предприятиях;
- отсутствует специализация обучения затребованной промышленностью программным продуктам и технологиям;
- колоссальный дисбаланс по нагрузке для сотрудников ВУЗа, которые занимаются научно-практической деятельностью и преподаванием;
- во многих ВУЗах фактически отсутствуют структуры, выполняющие разработки по заказу промышленности;
- отсутствие в подготовке студентов методов командной работы над проектами;
- большинство курсовых и дипломных проектов не привязаны к реальным практическим проектам;
- отсталая техническая база



# Анализ текущего состояния взаимодействия университетов и бизнеса

Высшие учебные заведения Украины ежегодно выпускают около 15.5 тыс. специалистов в сфере информационных технологий, но только 4–5 тысяч из них сразу же трудоустраиваются по специальности – т.е. качественно соответствуют требованиям рынка.

Большинство из выпускников вынуждено искать способы повышения собственной квалификации за счет самообразования и трудоустройства по смежным специальностям.

При этом украинский рынок труда ежегодно теряет соизмеримое количество высококлассных IT-специалистов в связи с эмиграцией в другие страны.

На фоне падения валового внутреннего продукта (ВВП) и внутреннего промышленного рынка, это приводит к тому, что в Украине не развивается рынок собственных IT-продуктов, а IT-экспорт представлен аутсорсингом.

Проводя параллели с традиционной экономикой, IT-экспорт Украины представлен не конечным продуктом с высокой степенью переделки и значит добавленной стоимостью, но «сырьем» или «полуфабрикатом».

# Выводы к разделу 1

- В экономически развитых странах, сотрудничеству бизнеса и университетов придается большое значение. Это отражается и в государственной политике, через создание налоговых льгот и государственных программ, так и в реальных отношениях между предприятиями и университетами. Тенденцией последних лет стало стимулирование развития академического предпринимательства в университетской среде, путем создания бизнес-центров и бизнес-инкубаторов, которые предоставляют услуги по обучению персонала, выращиванию компаний по заказу или под определенную идею. И это в первую очередь относится к информационным технологиям, обеспечивающим переход развитых стран от общества индустриального типа к информационному.
- В то же время в Украине подобный потенциал кооперации науки, образования и производства остается не реализованным. Имея богатое индустриальное наследие и лидирующие позиции в области науки и информационных технологий на протяжении XX века, Украина растрчивает свой потенциал, сталкиваясь утечкой квалифицированных IT-специалистов в другие страны. Количественная подготовка не восполняет внутренние потребности экономики, при этом качественная подготовка в ВУЗах страны неуклонно снижается.

# Выводы к разделу 1

- Безусловно таким бизнес-центрам при университетах потребуется набор информационных технологий и инструментов, позволяющих осуществлять поддержку вновь созданных IT-компаний на протяжении всего их жизненного цикла внутри такого центра. К которым относятся инструменты отбора проектов и команд для поддержки бизнес центром, инструменты оценки сроков реализации IT-проектов, технологий оценки зрелости развивающихся IT-компаний, а так же информационной экосистемы, в которой университетские команды, а так же студенты, преподаватели и члены наблюдательного (экспертного) совета такого бизнес-центра могли бы взаимодействовать между собой.
- Таким образом, актуальность создания инструментальных средств поддержки академического IT-предпринимательства, посредством поддержки формирования новых IT-компаний в университетской среде, связано не только с решением проблемы подготовки студентов в рамках требований современного рынка, но и с трансфером наукоемких технологий как из университетской среды в промышленность, так и обратно.

## Раздел 2. Модели жизненных циклов ИТ-продуктов, проектов и ИТ-компаний, созданных в рамках академического предпринимательства



- Рисунок 1 – Жизненный цикл вновь создаваемой компании при университете

## Раздел 2. Модели жизненных циклов ИТ-продуктов, проектов и ИТ-компаний, созданных в рамках академического предпринимательства



- Рисунок 2 – Модель ИТ-компании

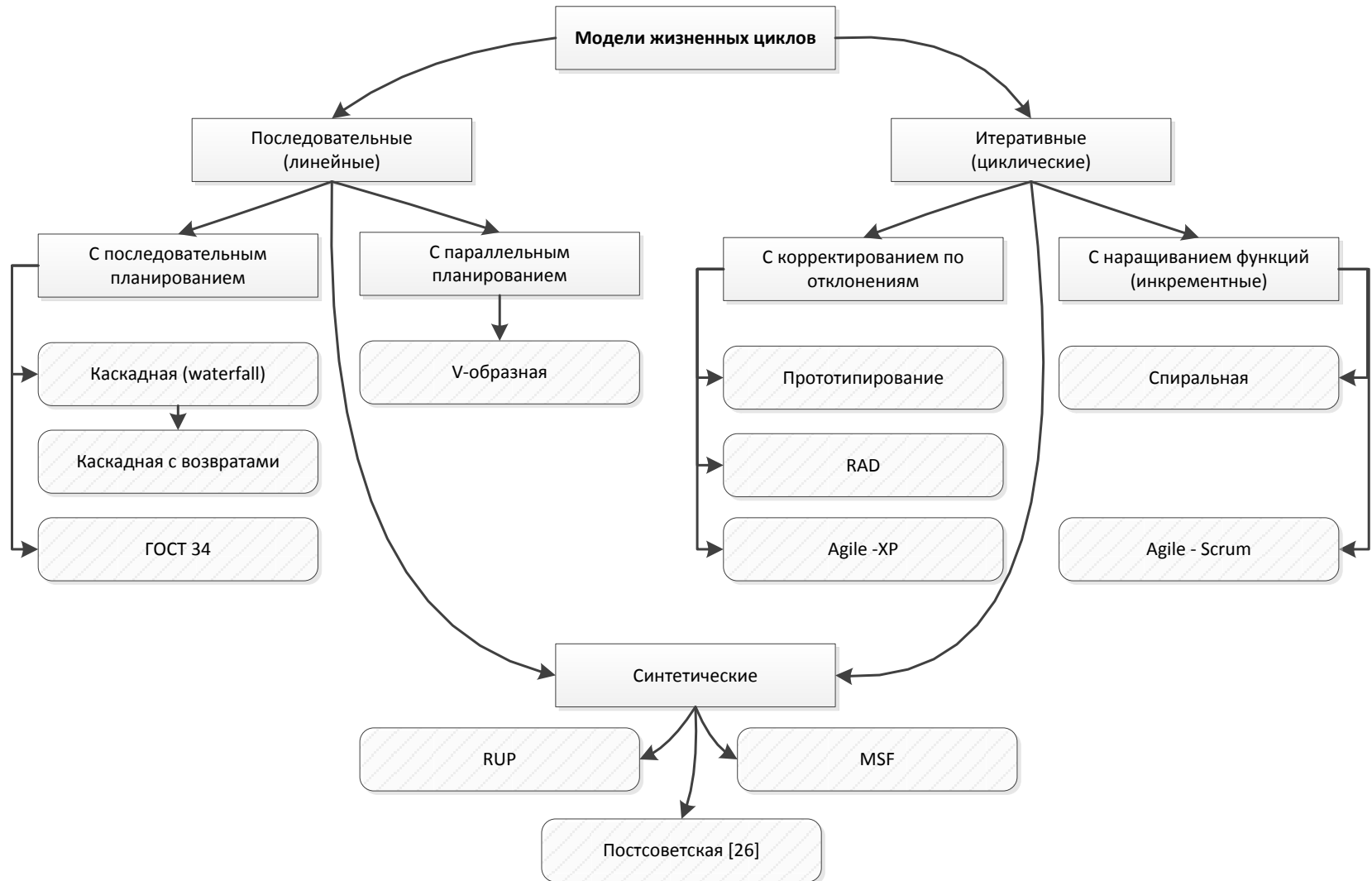
## Раздел 2. Модели жизненных циклов ИТ-продуктов, проектов и ИТ-компаний, созданных в рамках академического предпринимательства



## Раздел 2. Модели жизненных циклов ИТ-продуктов, проектов и ИТ-компаний, созданных в рамках академического предпринимательства

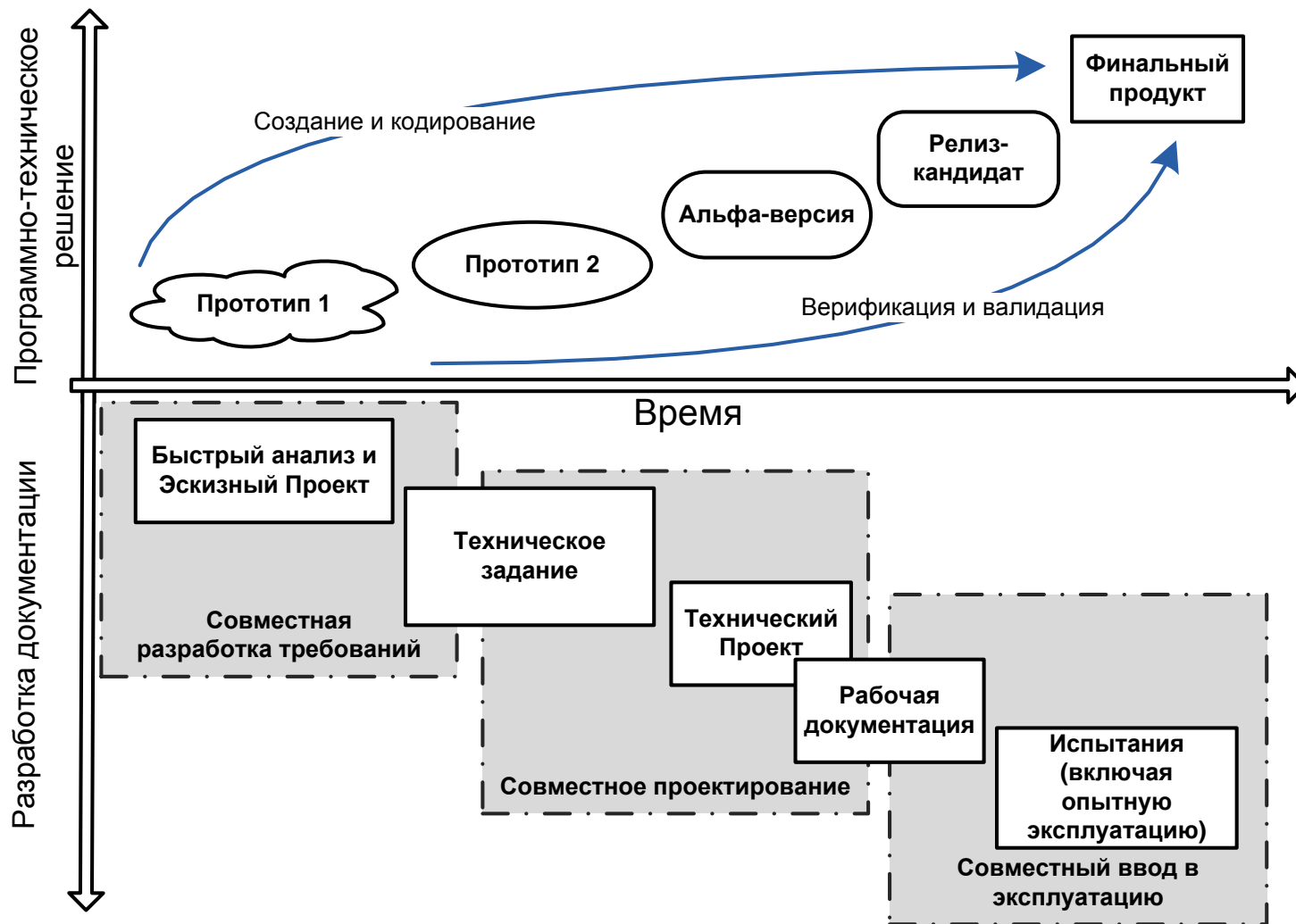


# Классификация моделей жизненных циклов создания IT-продукта





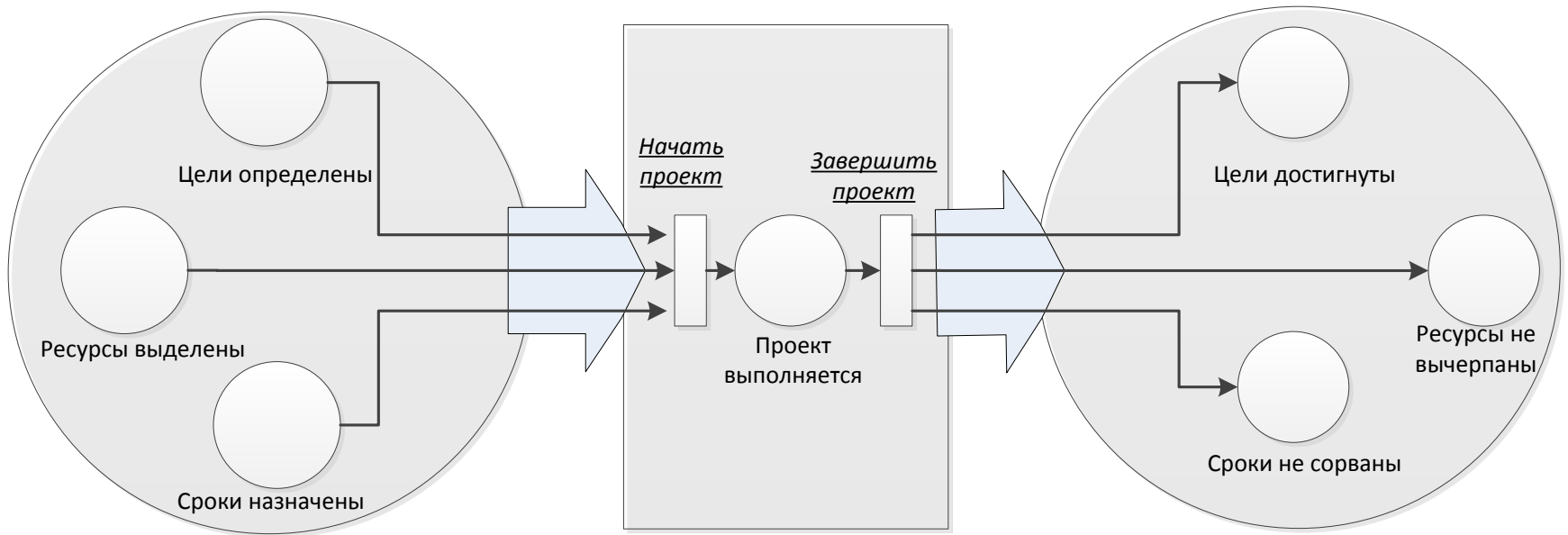
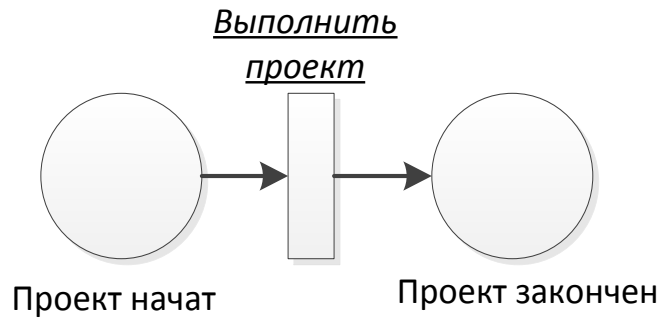
# Пост-советская модель создания IT-продуктов



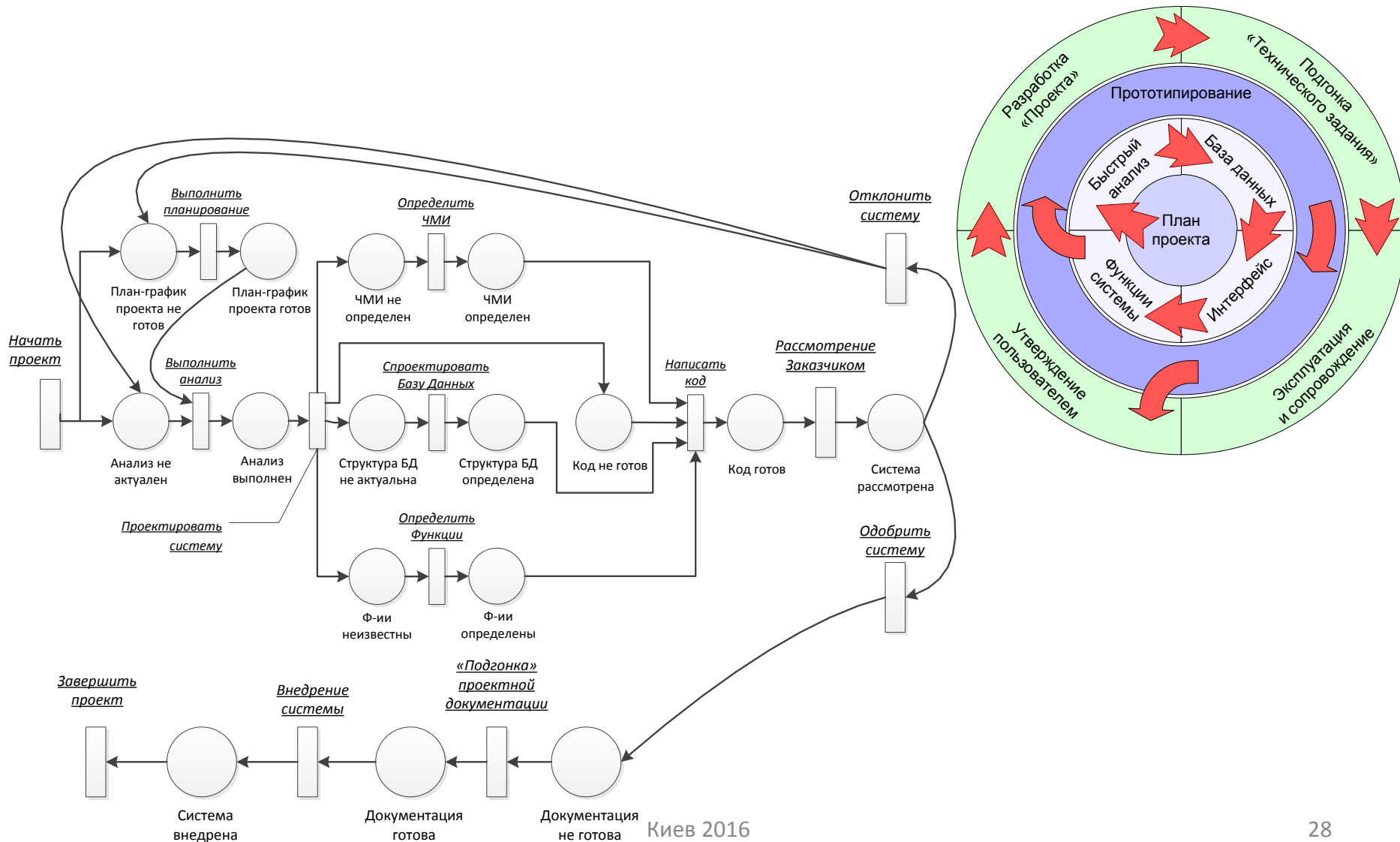
# Пост-советская модель создания IT-продуктов.



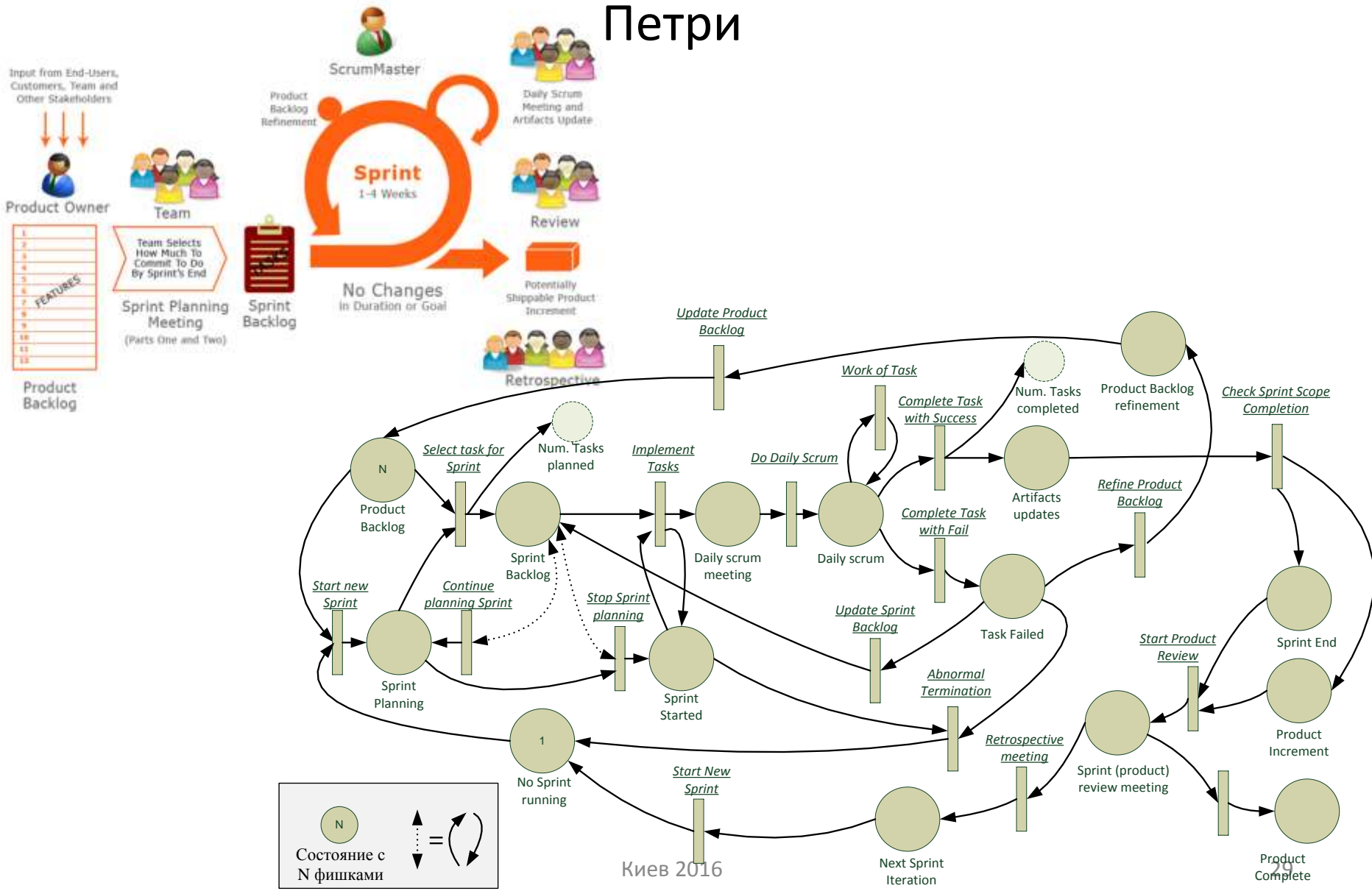
# Моделирование основных жизненных циклов проекта сетями Петри



# Моделирование сетями Петри модели жизненного цикла быстрого прототипирования



# Моделирование гибких (Agile) методов сетями Петри

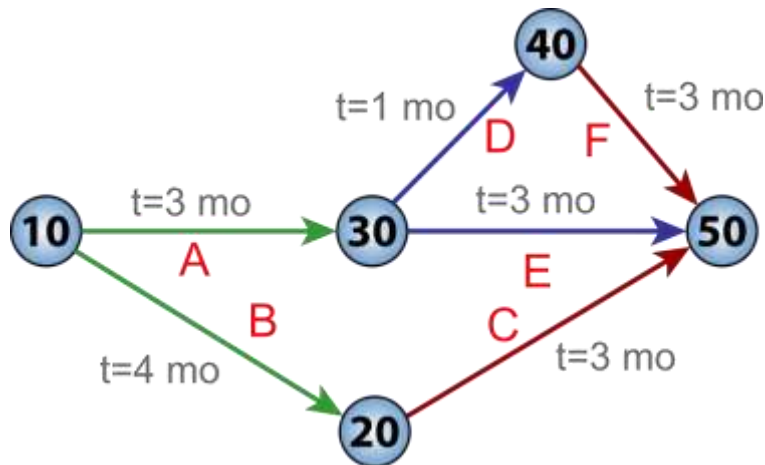


# Модели оценки сроков достижимости целей IT-проекта

Классический метод - PERT - Program (Project) Evaluation and Review Technique — техника оценки и анализа программ (проектов).

Моделирование проекта с помощью графов взаимосвязей работ (стрелки) и событий (узлы), а также диаграмм Ганта

Разработан по заказу Подразделения специальных проектов ВМС США для проекта создания ракетной системы «Поларис» (Polaris). 1958 год.



WBS	Task Name	Predecessors	Duration	1	2	3	4	5	6	7
WBS 1				10						
	Activity A	10	3							
	Activity B	10	4							
WBS 2										
	Activity C	20	3							
WBS 3										
	Activity D	30	1							
	Activity E	30	3							
WBS 4										
	Activity F	20, 30, 40	3							
WBS 5										50

# Начальные оценки

Для каждой работы  $i$  оценивающий эксперт формирует три оценки:

$M_i$  – наиболее вероятная оценка трудозатрат;

$O_i$  – минимально возможная оценка трудозатрат;

$P_i$  – пессимистическая оценка трудозатрат.

Тогда оценка трудозатрат для работы  $i$  считается по следующей эмпирической формуле:

$$E_i = \frac{P_i + 4M_i + O_i}{6} \quad (1)$$

А для расчета суммарной трудоемкости проекта, которая не будет превышена с вероятностью 95%, применяется формула:

$$E_{95\%} = \sum E_i + 2 * \sqrt{\sum \left[ \frac{(P_i - O_i)}{6} \right]^2} \quad (2)$$

# Имитационная модель

оценки достижимости поддерживаемой  
компанией ее производственных целей  
Такая модель должна включать в себя:

- Жизненный цикл выполнения проекта по достижению целей компании, например создания продукта (услуги).
- Наборы типовых работ, из которых состоят фазы вышеназванного жизненного цикла.
- Перечни компетенций, необходимых для выполнения работ и нормированные длительности этих работ, при условии их выполнения компетентным специалистом.

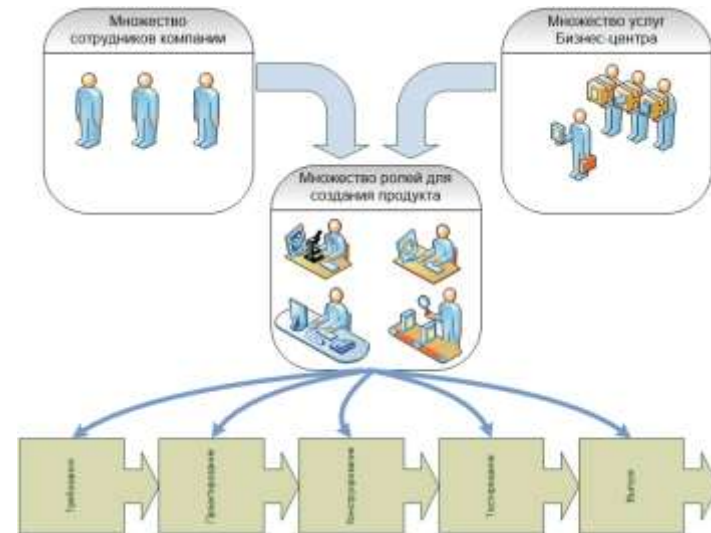


# Концептуальная модель

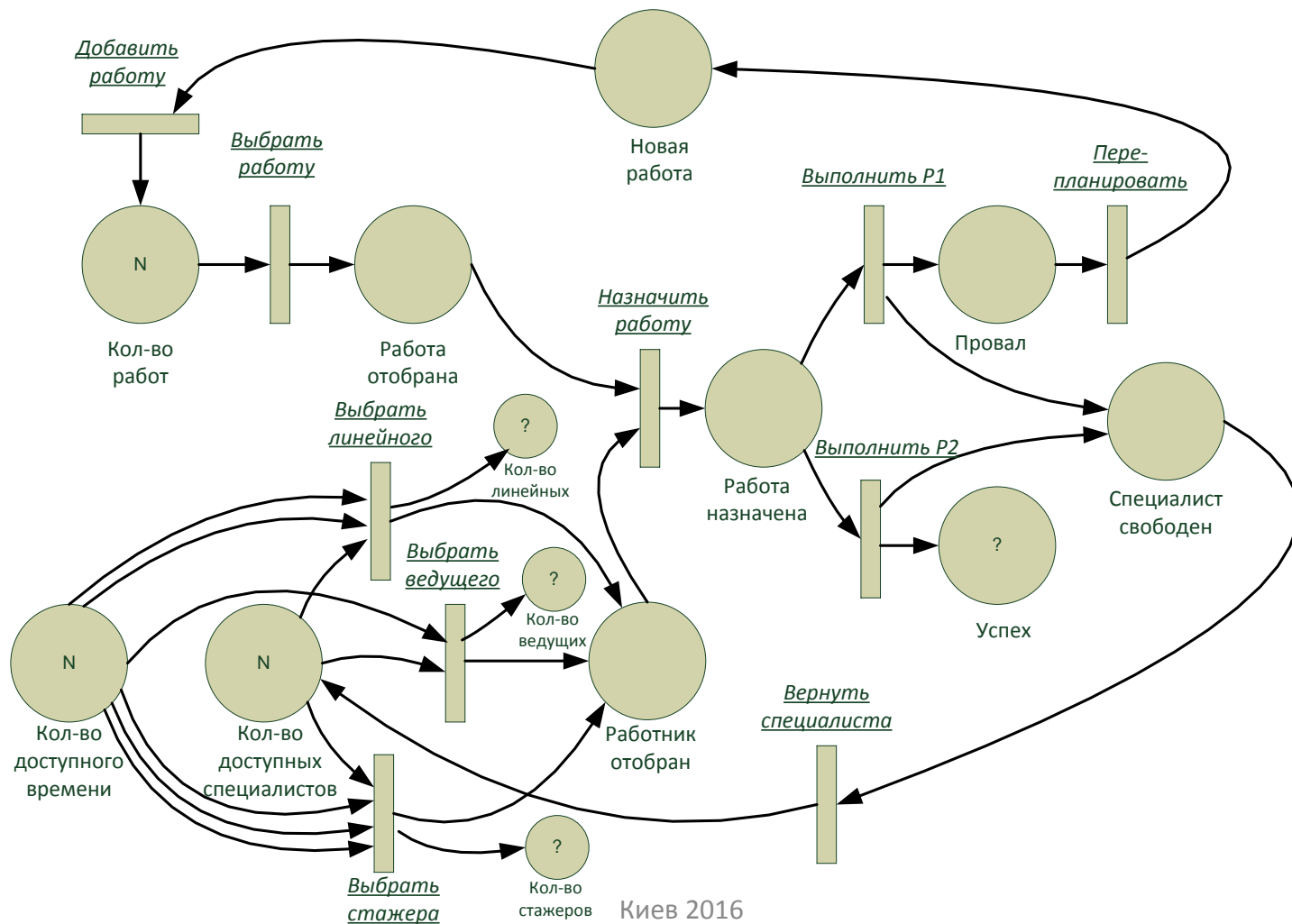
$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\}$ , как множество работ, требуемых для завершения фазы жизненного цикла разработки продукта. Между некоторыми парами работ существует ограничение следования  $a_i \rightarrow a_j$ , это означает, что работу  $a_j$  невозможно начать ранее работы  $a_i$ .

Пусть  $C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_s\}$  - множество сотрудников компании, где  $c_k$  - конкретный сотрудник, обладающий способностью выполнить работу  $a_i$  за время  $t_{ik} > 0$ , называемой длительностью выполнения работы.

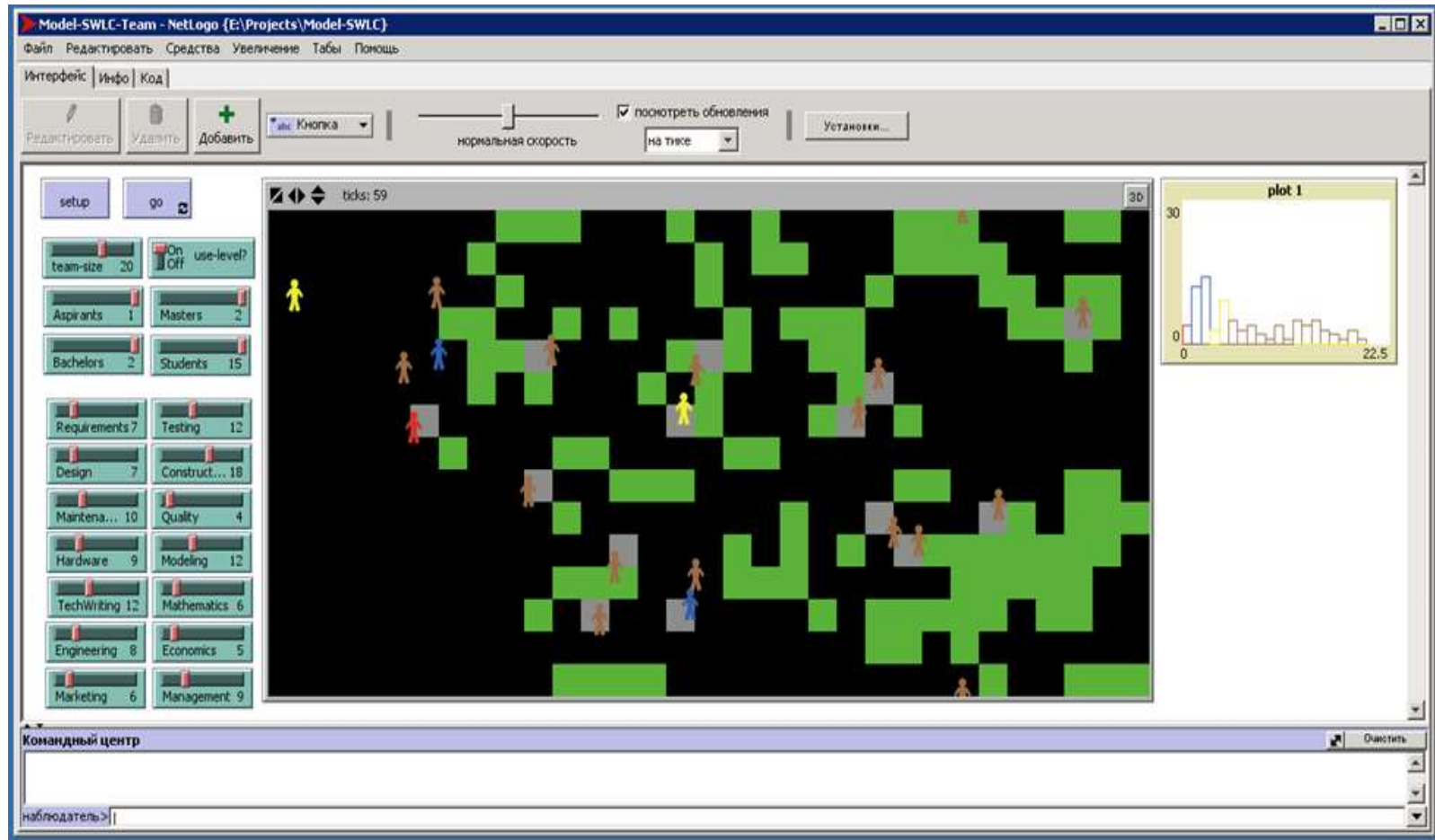
Задача оптимальной расстановки имеющихся сотрудников по работам так, чтобы общее время выполнения всех работ из множества  $A$  было минимальным и не нарушалось отношение следования.



# Моделирование сетью Петри стратегий работы проектной группы над заданиями

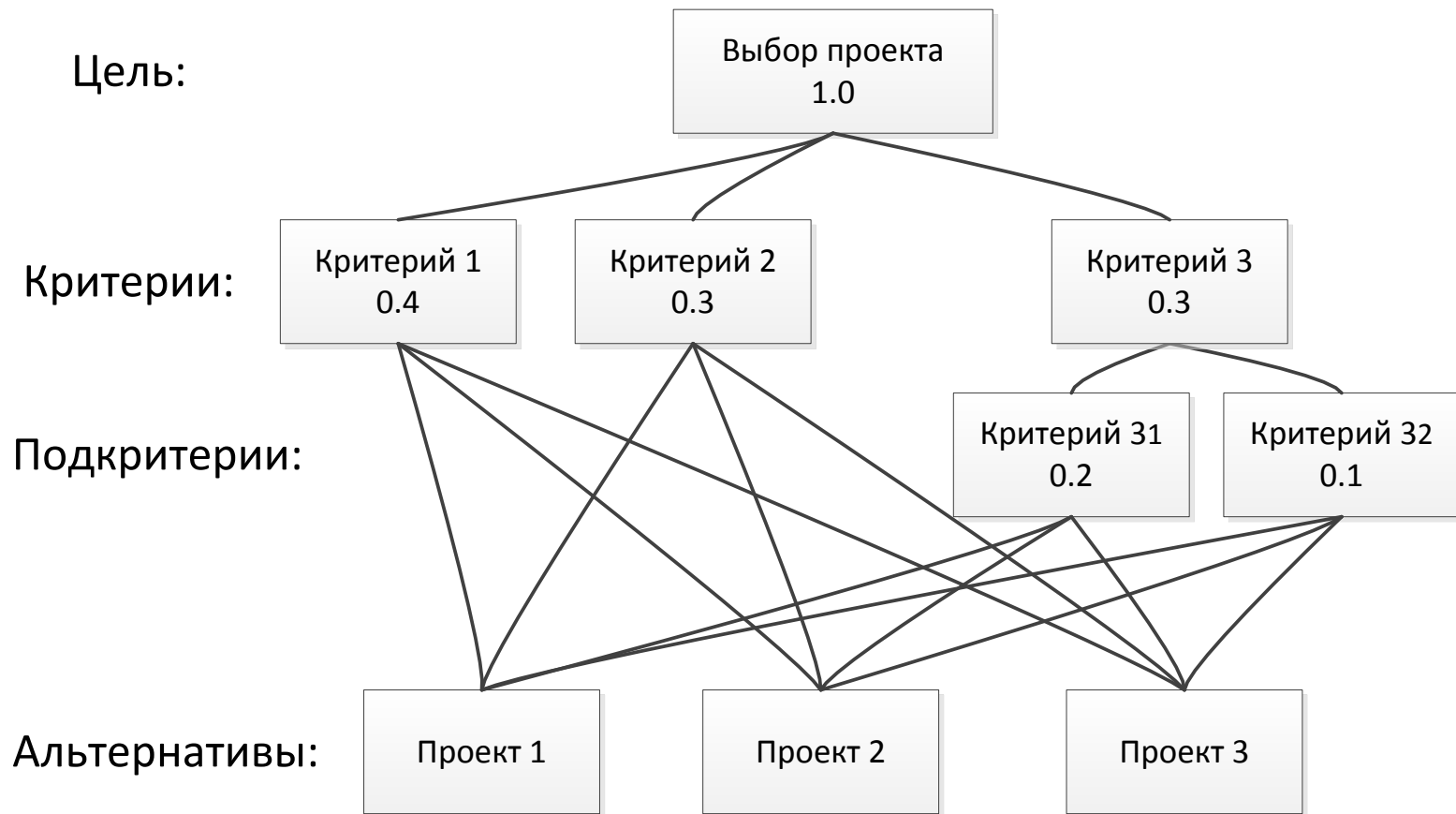


# Инструментальное средство оценки сроков достижимости целей проектов на базе среды моделирования NetLogo



# Инструменты отбора проектов

## Метод анализа иерархий Т. Саати



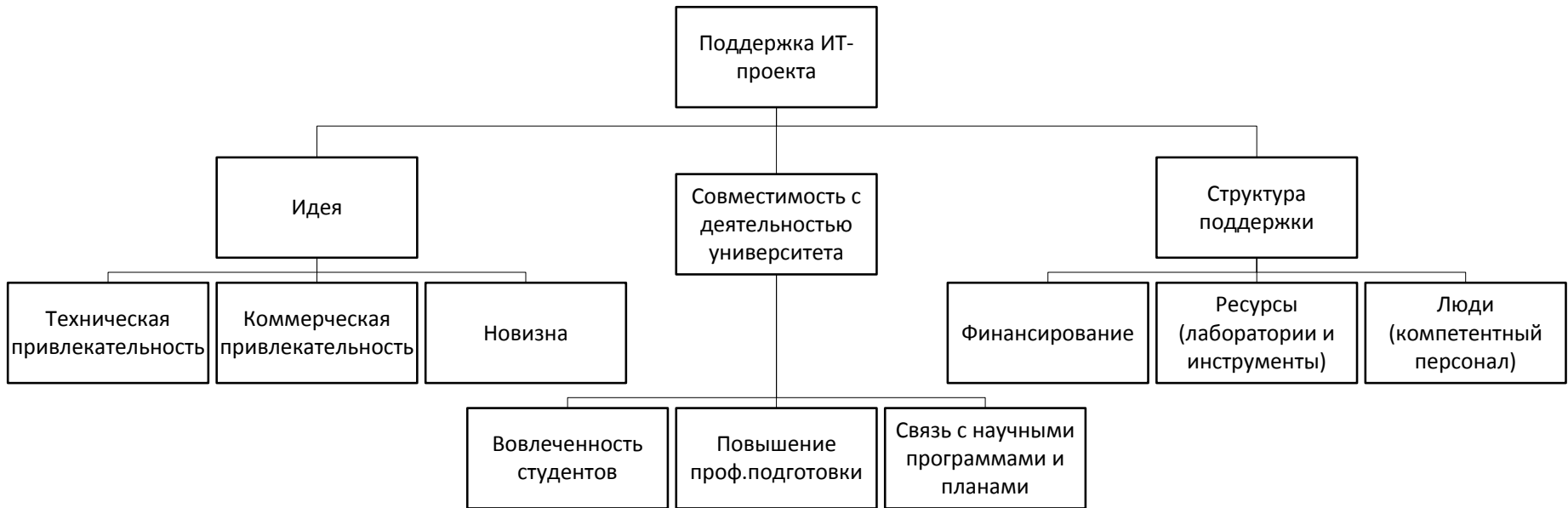
# Инструменты отбора проектов

## Иерархии стейкхолдеров бизнес-центра



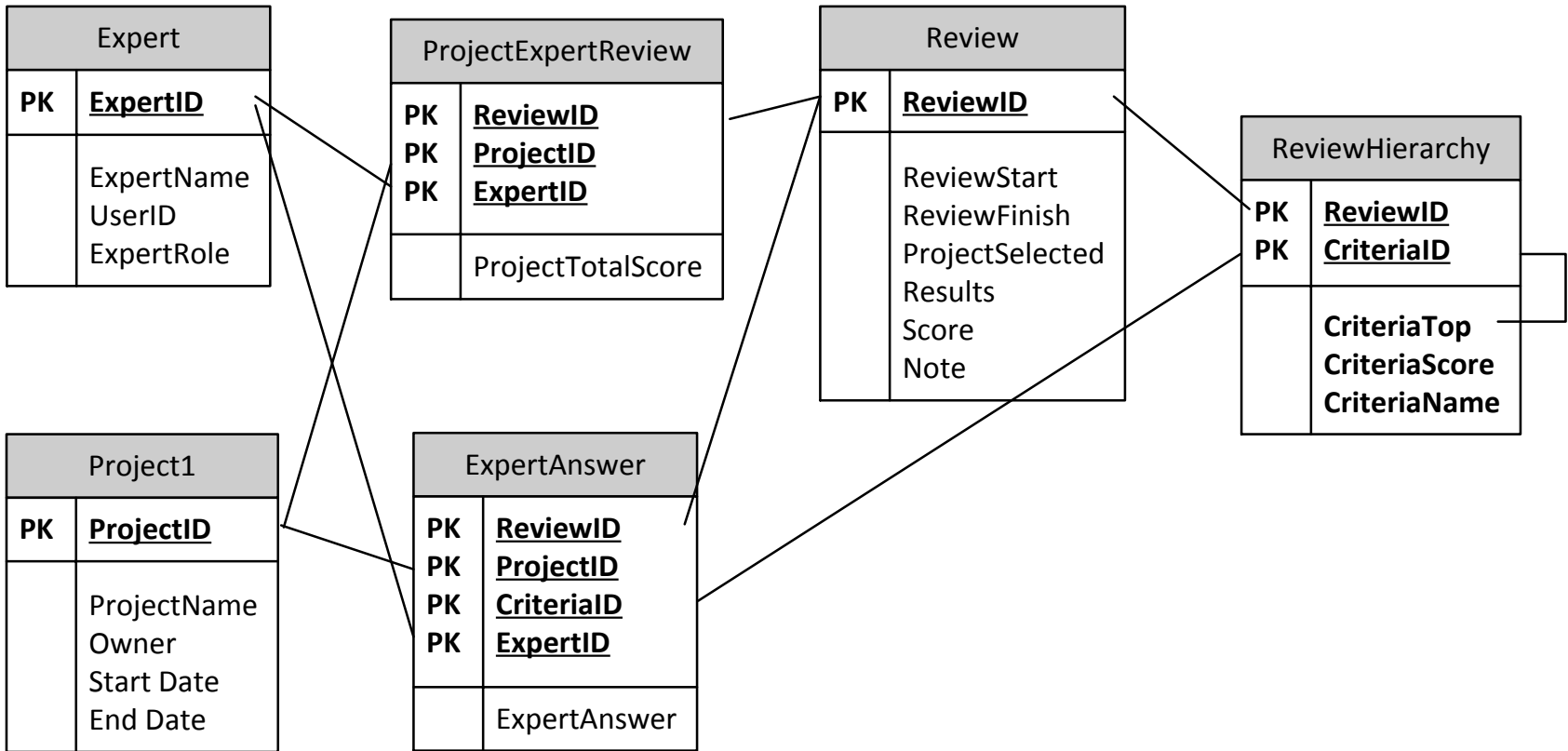
# Инструменты отбора проектов

## Иерархии факторов, влияющих на выбор IT-проекта



# Инструменты отбора проектов

## Диаграммы сущностей



# Инструментальное средство, оценивающее уровень зрелости IT-компаний по совокупности индикаторов, базирующихся на пятиуровневой модели оценки зрелости

5 уровней зрелости:

- *Начальный* (англ. Initial). Организация не имеет явно осознанного понимания производственных процессов, происходящих в организации. Качество продукта целиком определяется индивидуальными способностями членов организации (разработчиками и руководителями) и успех одного проекта не гарантирует успех другого.
- *Повторяемый* (англ. Repeatable) для SW-CMM или управляемый (англ. Managed) для CMMI. В некоторой степени отслеживаются производственные процессы, и их понимание достигает уровня черного ящика.
- *Установленный* (англ. Defined). Имеется определённый, документированный и установленный производственный процесс, уже независимый от отдельных личностей. Проясняется понимание процесса от черных ящиков к белым, а так же связей и зависимостей между процессами.
- *Управляемый* (англ. Managed) для SW-CMM или количественно-управляемый (англ. Quantitatively Managed) для CMMI. На данном уровне зрелости достигнуты все цели предыдущих уровней. Организации могут точно предсказать сроки и стоимость будущих работ.
- *Оптимизированный* (англ. Optimizing). В организации есть постоянно действующая процедура поиска и освоения новых и улучшенных методов и инструментов. На данном уровне зрелости организации имеют точные характеристики оценки эффективности бизнес процессов. Производственные процессы и система качества восприимчивы к появлению новых технологий и парадигм.



# Инструментальное средство, оценивающее уровень зрелости IT-компаний по совокупности индикаторов, базирующихся на пятиуровневой модели оценки зрелости

Определим оценки NI, PI, LI, FI – как нечеткие числа, заданные нечеткими множествами  $N, P, L, F$  на множестве действительных чисел  $R$ .

Рассмотрим  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$ , где операция  $\oplus$  будет операцией сложения на нечетких чисел.

Для класса нечетких чисел, функция принадлежности которых задана в виде так называемой L-R формы определено понятие метрики расстояния между двумя числами, и в работе Грзегорзевский \* показано, что наиболее подходящим будет расширение понятия Евклидова расстояния на множество нечетких чисел.

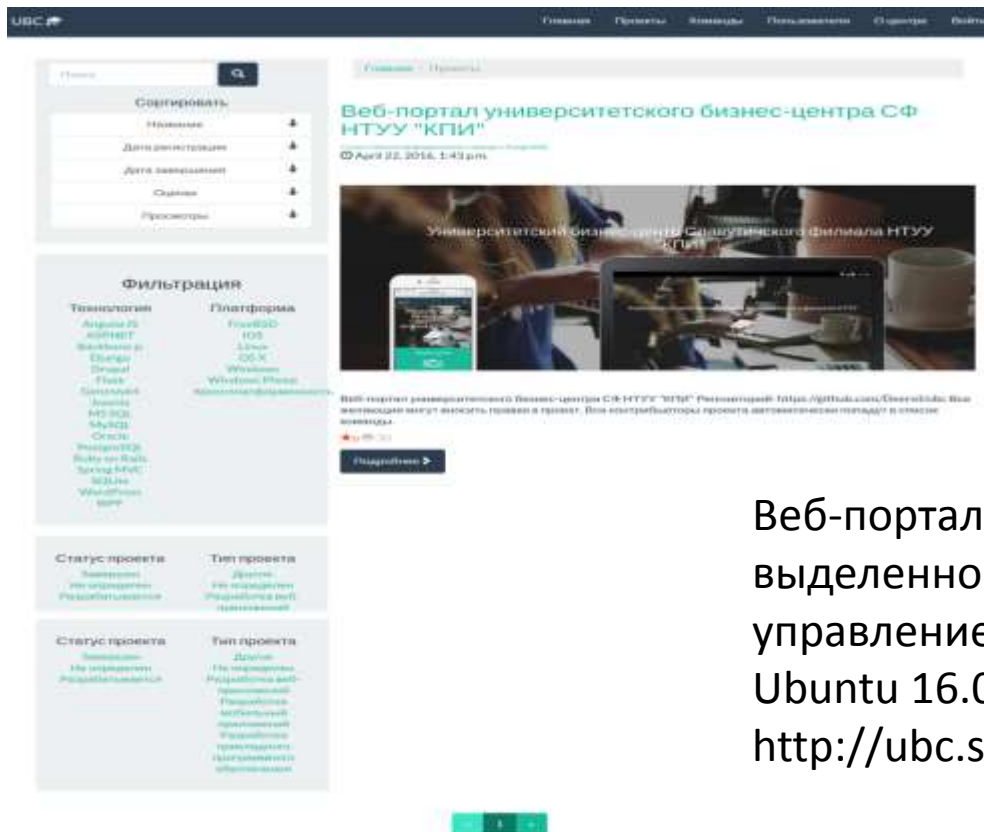
Определим понятие соответствия компании «начальному» уровню (I), когда сумма ответов экспертов на вопросы о степени внедрения в компании ключевых практик, определенных моделью зрелости CMMI-DEV v1.3, выраженной в виде нечеткого числа равного  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$  «ближе» по Грзегорзевскому к нечеткому числу  $PI * n = PI_1 \oplus \dots \oplus PI_n$ .

Аналогично, компания соответствует «установленному» уровню (D), если  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$  «ближе» по Грзегорзевскому к нечеткому числу  $FI * n = FI_1 \oplus \dots \oplus FI_n$ .

И для «повторяемого» уровня (R), если  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus \dots \oplus x_n$  «ближе» по Грзегорзевскому к нечеткому числу  $Mean = (FI * n \oplus PI * n)/2$ .

\* Grzegorzewski, P. Metrics and orders in space of fuzzy numbers. Fuzzy Sets and Systems. Volume 97, Issue 1, 1 July 1998, Pages 83-94

# Веб-портал, как программно-технический инструмент поддержки академического IT-предпринимательства



Веб-портал успешно развернут на выделенном сервере СФ НТУУ «КПИ» под управлением операционной системы Ubuntu 16.04 LTS по адресу <http://ubc.slavutych.city>.

# Выводы к разделу 4.

В результате данного исследования под руководством и непосредственным участием автора было создано семейство инструментальных средств, позволяющих поддерживать основные управленческие решения в IT-бизнес-центре, занимающемся трансфером новых технологий из университета в промышленность и выращиванием компаний-носителей этих технологий.

- В первую очередь таким средством является веб-портал университетского бизнес-центра, как программно-технический инструмент поддержки академического IT-предпринимательства.
- Разработаны инструментальные средства оценивания качества формирующихся в университетской среде IT-компаний, опекаемых бизнес-центрами при университете на основе модели SW-CMM/CMMI.
- Оценка сроков реализации целевого продукта (услуги), разрабатываемой опекаемой компанией, выполнена путем имитационного моделирования. При этом, рассмотренная модель может дать не только оценку сроков окончания разработки продукта, но и рекомендации о целесообразности развития определенных компетенций у персонала компании.
- Разработан инструмент отбора проектов. Выделены основные стейкхолдеры и их цели. Предложена и описана иерархия факторов, влияющих на выбор проекта, который будет поддержан со стороны университетского бизнес-центра.

# ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

## в результате диссертационного исследования:

- Выполнен анализ состояния взаимодействия высших учебных заведений с субъектами экономической деятельности в Украине по направлению информационные технологии.
- Разработана концептуальная модель малого IT-предприятия и его жизненного цикла в университетском бизнес-инкубаторе.
- Предложена новая разновидность модели жизненного цикла создания IT-продукта, свободная от противоречий свойственных формальным требованиям ГОСТ 34 и современным «быстрым» методам создания автоматизированных систем.
- Выполнено моделирование основных жизненных циклов создания IT-продукта с помощью формализма стохастических сетей Петри и моделирование стратегий назначения исполнителей на отдельные виды работ при выполнении IT-проекта.
- Показано, что для оценки сроков исполнения IT-проекта незрелой компанией целесообразно применение имитационного моделирования. Создано программное обеспечение, реализующее подобное моделирование.
- Описаны методы оценки зрелости IT-компаний, созданных в рамках сотрудничества академических организаций, университетов и промышленности. Реализован соответствующий программный инструмент.
- Выполнено построение инструментального средства поддержки и сопровождения образованных в академической среде IT-компаний в виде информационного портала университетского бизнес центра, развернутого на площадке Славутичского филиала НТУУ «КПИ».

# Спасибо за внимание