

**ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАЗВИТИЯ
ФАКУЛЬТЕТА УНИВЕРСИТЕТА
Фирстов Ю.П.¹, Филатова В.В.²**

¹Фирстов Юрий Петрович - кандидат технических наук, доцент,
кафедра экономики и менеджмента в промышленности;

²Филатова Вероника Викторовна - магистр,
факультет бизнес-информатики и управления комплексными системами,
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
г. Москва

***Аннотация:** в статье предложен и исследован метод оценки потенциала быстрого развития комплекса кафедр (факультета). Он создан на основе обобщенных моделей совершенствования систем экономики инноваций и применен для исследования инженерного университета, поддерживающего развитие nano-электроники. Осуществлен анализ публикационной активности и получены оценки потенциала инновационного развития комплекса кафедр как единой исследовательской единицы. Предложена стратегия повышения потенциала. Статья может быть интересна специалистам в области управления образованием.*

***Ключевые слова:** образование, инновационное развитие, метод оценки, результат оценки.*

Введение

Инновационное развитие представляет собой глобальный процесс перехода экономики в новый уклад [1,2], связанный с фундаментальными изменениями аналитического аппарата принятия решений [3]. Основная часть известных методов оценки потенциала инновационного развития университета не учитывают этих особенностей.

Однако, например, в работах [3,4] предложены подходы к исследованию проблем развития образовательной среды в условиях изменения характера экономического развития. Подходы основаны на обобщенных моделях динамики экономических сред с возрастающей интеграцией, технологических укладов, сложных систем и др.

Предлагаемая статья посвящена применению результатов работы [3] для оценки потенциала факультета (института) в развитии направления «nano-электроника».

Факультет должен представлять комплекс взаимосогласованных исследовательских единиц (кафедр), поддерживающих комплексное развитие nano-электроники [4]. Кафедры ведут работы по нескольким доминирующим направлениям, результаты которых непосредственно поддерживают совершенствование друг друга. Например, уменьшение размера транзистора в интегральных схемах создает условия для совершенствования методов производства [5]. Вместе с тем создание новых методов производства создает условие для дальнейшего уменьшения размера транзистора. Каждая из

кафедр поддерживает развитие знаний по отдельным группам доминирующих направлений с разной степенью активности. Скорость формирования системы знаний (по всему комплексу направлений) определяется, прежде всего, согласованностью деятельности кафедр.

При этом, если состав направлений деятельности кафедр слишком различается, то связи между кафедрами ослабевают. Исследовательские единицы перестают выступать как единый согласованный «фронт». Если состав направлений слишком однороден, то стираются различия между исследовательскими единицами и снижается эффективность их работы. Вопрос состоит в определении свойств кафедр, нужных для создания быстрого развития научно-технологического направления на факультете.

В качестве объекта исследования выбран один из ведущих в указанной области вузов – национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

1. Модели и методы

Прежде всего, нужно выявить доминирующие направления работ (рубрики). Для этого проанализированы публикации по нано-электронике на факультете и экспертные опросы.

В результате обработки отчетности и экспертных мнений были выделены основные направления (рубрики), по которым осуществляться совместная деятельность кафедр (таблица 1).

Таблица 1. Направления, по которым происходит развитие нано-электроники

Наименование рубрики
Разработка универсальных цифровых БИС
Технология производства цифровых БИС
Разработка аналогово-цифровых БИС
Технология производства аналогово-цифровых БИС
Микроэлектронные датчики и сенсорные системы
Применения универсальных БИС
Применение специализированных БИС
Приборы натуральных исследований и средства моделирования
Материалы наноэлектроники
Радиационная стойкость БИС

Поскольку радиационная стойкость является тематикой, сопряженной с секретностью, то данные по этой рубрике приводиться не будут.

Каждая кафедра ведет исследования по определенной совокупности свойственных ей рубрик с разной степенью интенсивности. При этом устанавливается естественный порядок передачи знаний между кафедрами. Например, результаты, полученные в области физики наноматериалов (каф. 70) прежде всего используются в исследовании новых технологий производства (каф. 27). Результаты исследования новых технологий производства используются для разработки новой БИС (каф 3 и 27) и т.д.

В связи с определенной «закрытостью» университета в статье в дальнейшем применяется нумерация кафедр, отличная от принятой в МИФИ.

В таблице 2 представлен список кафедр и их основных направлений деятельности. При этом, конечно, каждая кафедра занимается работой по смежным направлениям, но с меньшей активностью.

Таблица 2. Области деятельности кафедр

Номер кафедры	Область деятельности кафедры в nanoиндустрии
1	Новые технологии производства БИС, особенности схемотехники и организации БИС в связи с применением новых технологий.
2	Схемотехника БИС, применения, испытания и моделирование.
3	Разработка организации БИС и изучение их использования в новых применениях.
4	Наноматериалы, физика материалов, технологии производства.
5	Применение БИС в сложных технических системах.

Для разных кафедр разные направления имеют разную степень значимости (влияния). В таблице 3 приведены полученные в результате экспертного опроса уровни влияния (доминирования) направлений в деятельности кафедр (наибольший ранг соответствует 5).

Активности публикаций по направлениям должны соответствовать величине рангов значимости направлений. Важно, чтобы деятельность всех кафедр (элементы кластера) в процессе создания знаний по каждому направлению (рубрике) составляла единое целое. Для обеспечения согласованности нужно выполнение условия согласованности деятельности, предложенное в [3].

Таблица 3. Уровень значимости направлений (ранги) для кафедр

Рубрика	Каф. 1	Каф. 2	Каф. 3	Каф. 4	Каф. 5
1. Разработка и применение цифровых больших интегральных схем (БИС).	5	4	3		1
2. Технологии производства цифровых БИС	4	1		5	
3. Разработка и применение аналого – цифровых и специальных БИС.	2	5	2		3
4. Технологии производства аналого-цифровых и	3	2	1	4	

специальных БИС					
5.Микроэлектронные датчики и сенсорные системы.	1		5	3	4
6.Приборы для натуральных исследований и средства моделирования.	1	3	4	2	5
7.Приборы для испытаний БИС в массовом производстве.				1	2

Активности публикаций по направлениям должны соответствовать величине рангов значимости направлений.

Важно, чтобы деятельность всех кафедр (элементы кластера) в процессе создания знаний по каждому направлению (рубрике) составляла единое целое. Для обеспечения согласованности нужно выполнение условия согласованности деятельности, предложенное в [3]. В рассматриваемом приложении его следует интерпретировать следующим образом: если кластер идеальный, то величины активности публикаций по одной рубрике для разных кафедр должны соотноситься между собой по ранговому распределению Ципфа /6,7/, т.е. должны соотноситься, скорее всего, по степеням 2 (таблица 4).

Таким образом, можно полагать, что объемы публикаций по рубрикам соответствуют рангу значимости направления для кафедры (таблица 4). При этом, в идеальном кластере распределение публикаций по кафедрам должно соответствовать распределению Ципфа (таблица 4).

Таблица 4. Пример соотношения рангов и величин активности публикаций по одной рубрике в идеальном кластере

Рубрика	Кафедра 1	Кафедра 2	Кафедра 3	Кафедра 4	Кафедра 5
1. Разработка цифровых больших интегральных схем (БИС).	Ранг 4	Ранг 3	Ранг 2	0	Ранг 1
	Оценка активности 16	Оценка активности 8	Оценка активности 4	Оценка активности 1	Оценка активности 2

2. Результаты

Определим распределение публикаций по всем рубрикам и по всем кафедрам для идеального кластера. Установим значения активности публикаций в соответствии с рангами. Они должны быть пропорциональны 2^n , где n - величина ранга.

Таблица 5. Соотношение величин активностей исследований по рубрикам для идеального кластера

Направление (рубрика)	Каф. 1	Каф. 2	Каф. 3	Каф. 4	Каф. 5
1. Разработка и применение цифровых больших интегральных схем (БИС).	32	16	8	1	2
2. Технологии производства цифровых	8	4	2	16	1

БИС					
3. Разработка и применение аналого – цифровых и специальных БИС.	8	32	1		16
4. Технологии производства аналого-цифровых и специальных БИС	4	2	1	8	
5. Микроэлектронные датчики и сенсорные системы.	1		16	2	8
6. Приборы для натурных исследований и средства моделирования.		2	8	4	16
7. Приборы для испытаний БИС в массовом производстве.				1	1

В таблице 5 представлено распределение активности публикаций для идеального кластера (таблица 5), в таблице 6-реальные данные о публикационной активности факультета.

При составлении отчетности учитывалось, что статьи имеют разное «качество» (таблица 7). Поэтому были введены веса статей (таблица 7), соответствующе принятым в университете.

Таблица 6. Число статей, опубликованных кафедрами по каждому направлению

Направление	Каф. 1	Каф. 2	Каф. 3	Каф. 4	Каф. 5
1. Разработка и применение цифровых больших интегральных схем (БИС).	21	12	3	0	5
2. Технологии производства цифровых БИС	10	3	1	7	
3. Разработка и применение аналого – цифровых и специальных БИС.	23	8	0	0	11
4. Технологии производства аналого-цифровых и специальных БИС	4	2	1	7	0
5. Микроэлектронные датчики и сенсорные системы.	5	2	3	0	2
6. Приборы для натурных исследований и средства моделирования.	5	13	5	0	0
7. Приборы для испытаний БИС в массовом производстве.	0	2	1	1	1

Таблица 7. Веса типов статей

Тип статьи	Вес
SCOPUS	1
ВАК	0,7
РИНЦ	0,5
прочие	0,3

Теперь нужно сопоставить данные таблиц идеального состояния публикационной активности кластера кафедр и реального. Нужно оценить соответствие качеств факультета по отношению к модели оптимального состояния. Для этого вычислены коэффициенты корреляции между одноименными строками таблицы 5 и таблицы 6.

Затем полученные коэффициенты корреляции просуммированы с учетом весов вклада рубрики в общее развитие (веса получены экспертным опросом и представлены в таблице 8).

Таблица 8. Веса значимости направлений деятельности для развития факультета

Направления работы факультета	Вес в сводном индикаторе
1. Разработка и применение цифровых больших интегральных схем (БИС).	0,15
2. Технологии производства цифровых БИС	0,1
3. Разработка и применение аналого – цифровых и специальных БИС.	0,2
4. Технологии производства аналого-цифровых и специальных БИС	0,1
5. Микроэлектронные датчики и сенсорные системы.	0,1
6. Приборы для натуральных исследований и средства моделирования.	0,1
7. Приборы для испытаний БИС в массовом производстве.	0,05
8. Радиационная стойкость	0,2

После нормирования величина оценки составила 0,6. Это означает, что деятельность кафедр не слишком согласована. Однако, коэффициент корреляции достаточно высок для того, чтобы начинать работу по оптимизации деятельности кафедр.

Приближение значения этой оценки к 1 будет говорить о повышении потенциала развития факультета как комплекса.

Таким образом, разработан метод оценки кластера кафедр и проведена соответствующая оценка. Важно определить стратегию деятельности комплекса кафедр (факультета) для повышения потенциала развития.

3. Обсуждение. Стратегия развития

Проблема выбора направлений совершенствования кластера состоит в том, что резкие изменения активности могут привести к возникновению ошибок. Действительно, изменения активности деятельности кафедр по рубрикам тесно увязаны технической политикой, составом оборудования, подготовкой кадров и др. Резкое изменение содержание деятельности может привести к созданию обратной связи с накоплением ошибок рассогласования. Поэтому изменение состояния кластера должно происходить небольшими «шагами», но очень быстро за счет постоянного поддержания согласованности. Для этого должна реализовываться стратегия распределения средств, обеспечивающая максимально быстрое движение к идеальному состоянию. Стратегия развития представлена в виде комплекса рекомендаций по распределению средств по направлениям исследования : + повышение активности, - понижение, = неизменность.

Таблица 9. Пример описания стратегии развития

	Рубрики	Кафедра 2	Кафедра 3
--	---------	-----------	-----------

1	Схемотехника БИС	=	-
2	Технологии производства аналого-цифровых БИС	+	-
3	Технологии производства цифровых БИС	+	-
4	Разработка датчиков и сенсоров	-	=
5	Производство измерительной аппаратуры	-	+

В частности, для оптимизации, т.е. для приближения состояния кластера (таблица 6) к «идеальной» модели активностей, следует произвести изменения, представленные в упрощенной таблице 9.

Для кафедры 2, например, нужно повышать активность исследований в области технологий производства (рубрики 2,3). Это означает, что нужно сосредоточить внимание на взаимосвязи технологий производства и схемотехники, возникающей в следствии перехода в нано-диапазон. Для кафедры 3 нужно повышать активность в области исследований по рубрике 5. Следует повысить внимание к возможностям конкретного применения в аппаратуре.

Полученные результаты определяют направления исследований при проведении форсайта.

Заключение

Комплекс кафедр факультета должен быть интегрированной исследовательской структурой, деятельность которой поддерживает развитие научно-технического направления по всем доминирующим направлениям. Для быстрого совершенствования в условиях возрастания интеграции и темпов развития экономической системы (т. е. для инновационного развития) необходима высокая согласованность деятельности. Поэтому работа всех кафедр факультета должна представлять единый творческий процесс по всем направлениям совершенствования нано-индустрии. Для оценки уровня согласованности в статье применен критерий баланса активности деятельности. Активность определяется объемом публикаций, произведенных кафедрой по направлениям развития нано-электроники. Для ее оценки определены коэффициенты влияния направлений нано-электроники на развитие деятельности факультета, введены меры значимости различных типов публикаций, создан отчет об исследовании публикационной активности кафедр.

Результаты экспертных опросов и исследование данных о публикациях на факультете позволили построить модель идеального кластера этого факультета, модель оптимальных соотношений активности деятельности. Сопоставление модели и реальных данных позволило получить оценку потенциала инновационного развития факультета (оценку согласованности созидательной деятельности по сумме направлений совершенствования нано-электроники). Она показала, что деятельность факультета недостаточно согласована, но достаточно интегрирована для проведения мероприятий по оптимизации. Определены направления требуемых изменений.

Список литературы

1. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция (Top Business Awards). М.: «Эксмо», 2016. 110 с.
2. *Волков А., Ливанов Д.,* 2012. Ставка на новое содержание. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vedomosti.ru/opinion/news/3499241/stavka_na_novoe_soderzhanie?full#cut/ (дата обращения: 27.10.2020).
3. *Firstov Y.P., Moiseeva O.A., Akulov D.S., Timofeev I.S. and Fedorov P.L.,* 2017. Teaching physics at a management faculty of physics and engineering university. *Jr. of Industrial Pollution Control* 33(1):1188-1194. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.icontrolpollution.com/ (дата обращения: 27.10.2020).
4. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада. / Под ред. С.Ю. Глазьева, В.В. Харитонов. М.: «Травант», 2009. 256 с.
5. *Бобков С.Г., Куреев В.С.* Проблемы перехода микроэлектроники в субстананометровую область размеров., *Нано- и микросистемная техника*, 2017. № 5. С. 11-18.
6. *Шаров А.А., Шрейдер Ю.А.* Системы и модели. М.: Сов. Радио, 1985. 357 с.
7. *Malevergne Y., Saichev A. & Sornette D.,* 2013. Zipf's law and maximum sustainable growth. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 37. 1195-1212.