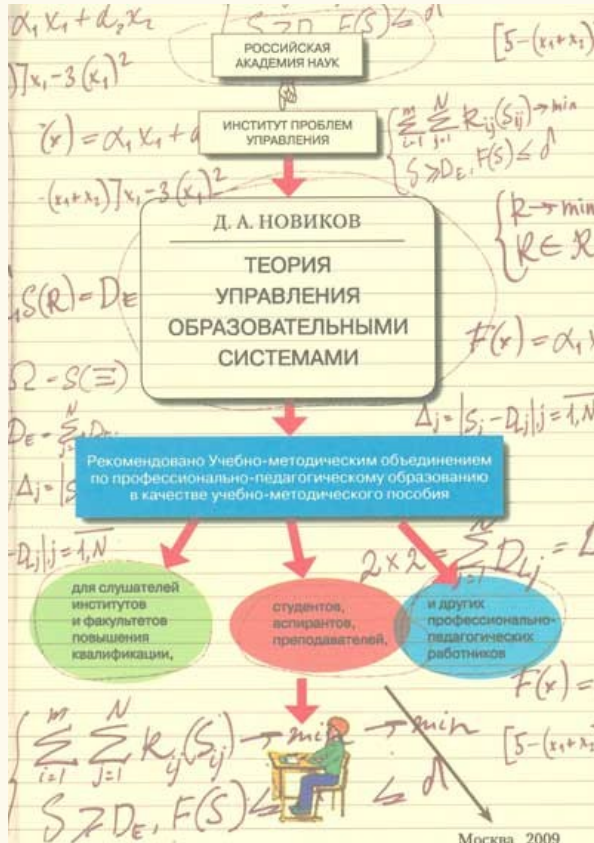


ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ



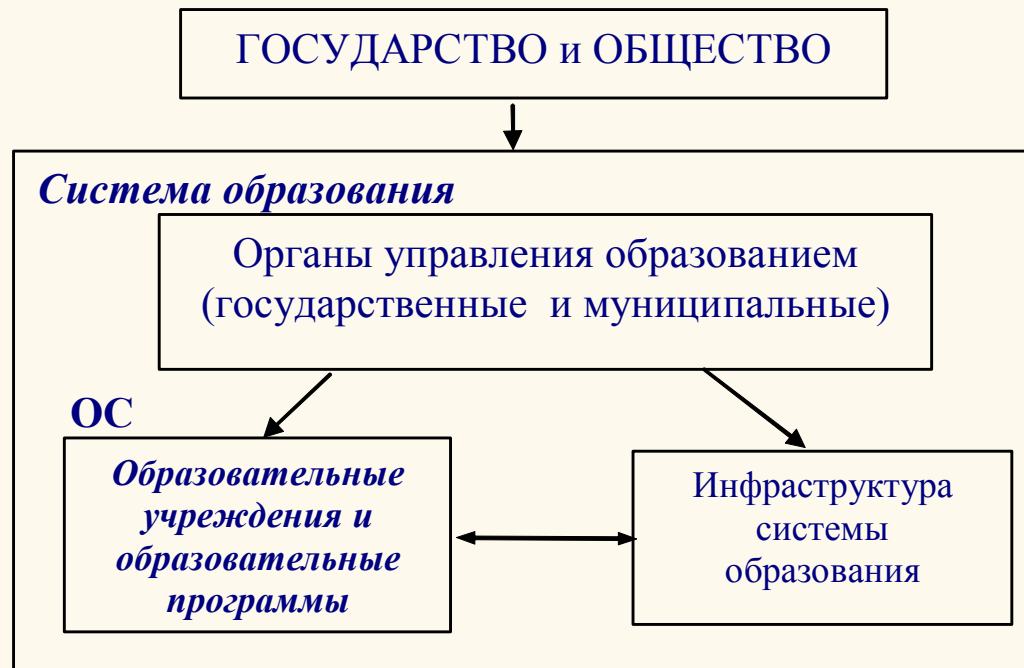
член-корр. РАН Д.А. Новиков

1. Образовательные системы: определение. «Модель» ОС. Образовательные сети и комплексы;
2. Специфика образовательных систем;
3. «Математика» в «педагогике»;
4. Теория?;
5. Деятельность и организация;
6. Структура теории управления образовательными системами;
7. Компоненты теории управления образовательными системами;
8. Принципы управления образовательными системами;
9. Концепция модернизации профессионального образования;
10. ПРИЛОЖЕНИЕ: Статистические методы в педагогических исследованиях.

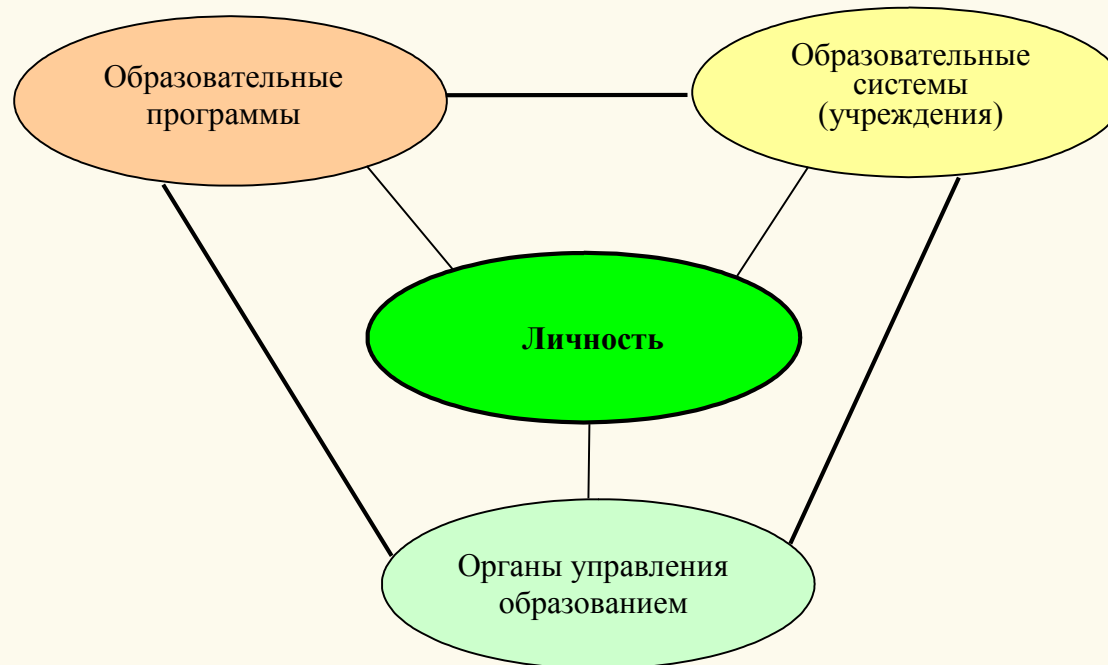


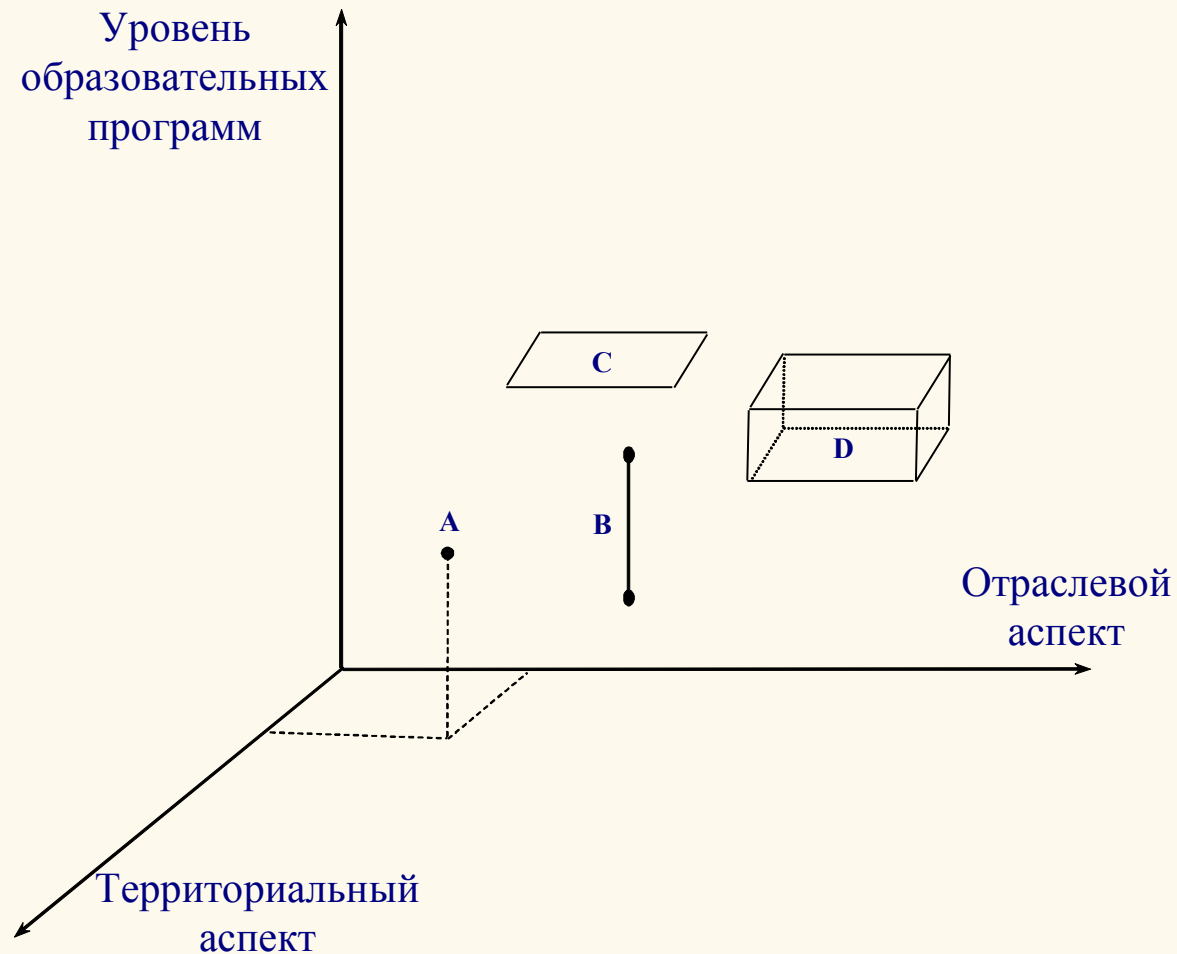
1. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ. «МОДЕЛЬ» ОС. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И КОМПЛЕКСЫ

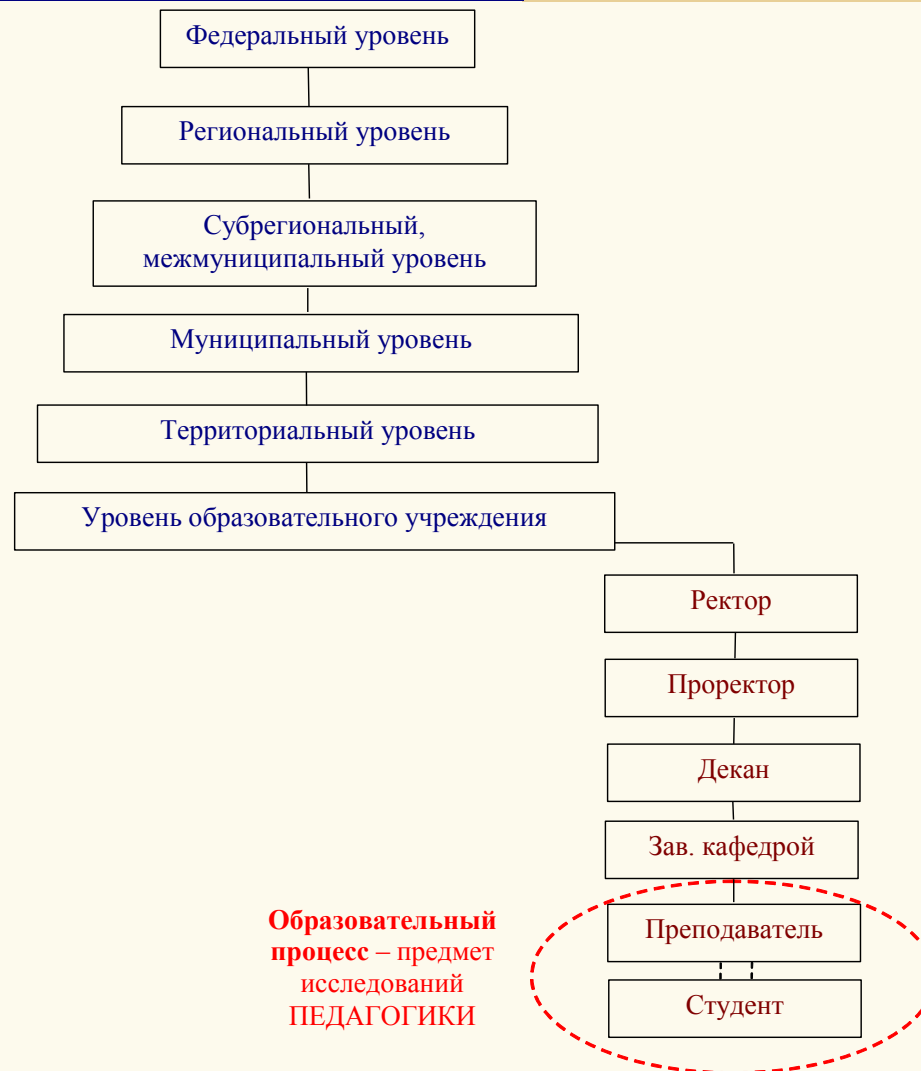
Образовательная система (ОС) – совокупность образовательных учреждений (ОУ) и реализуемых ими образовательных программ (ОП).

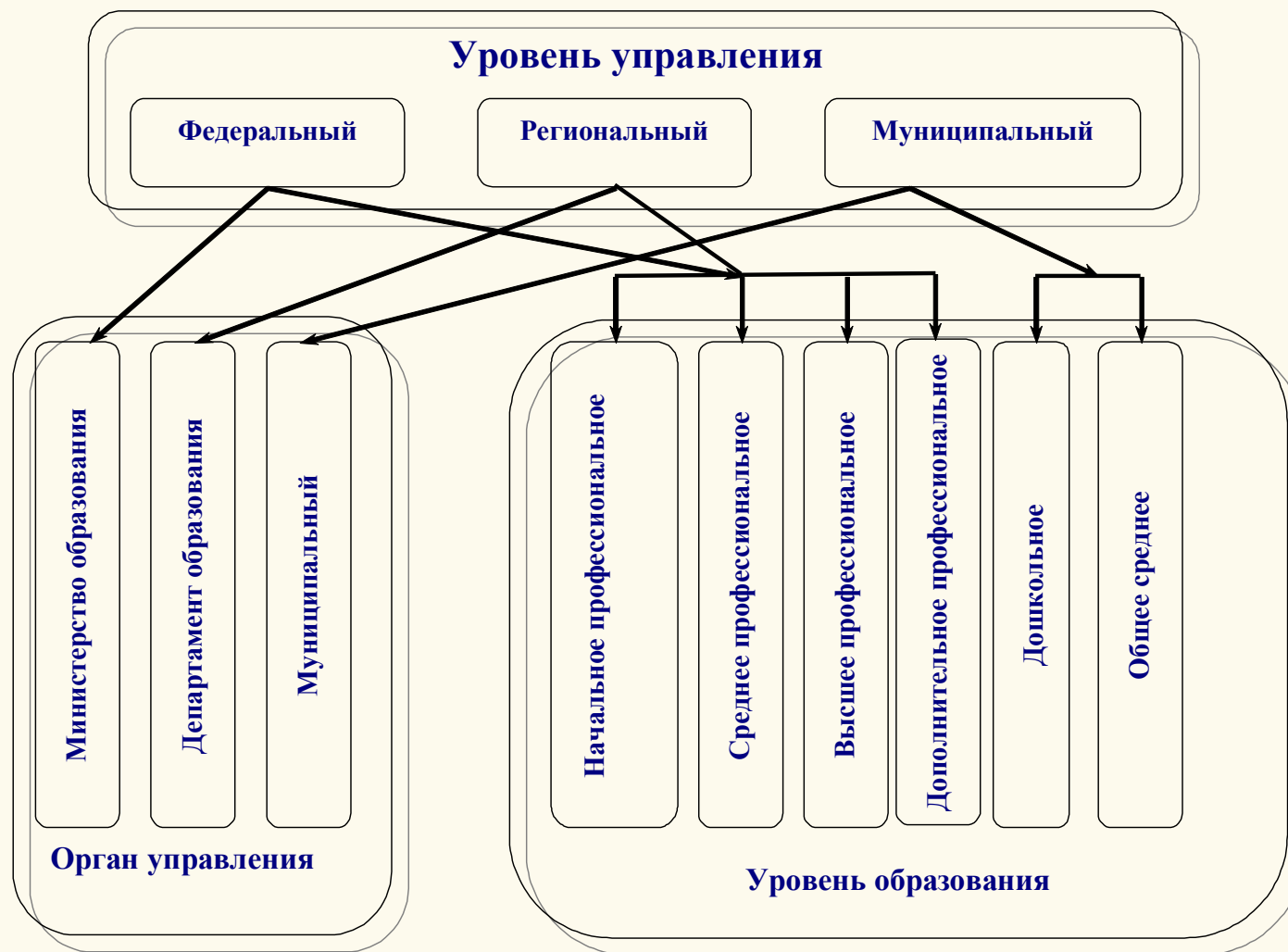


Объекты и субъекты управления







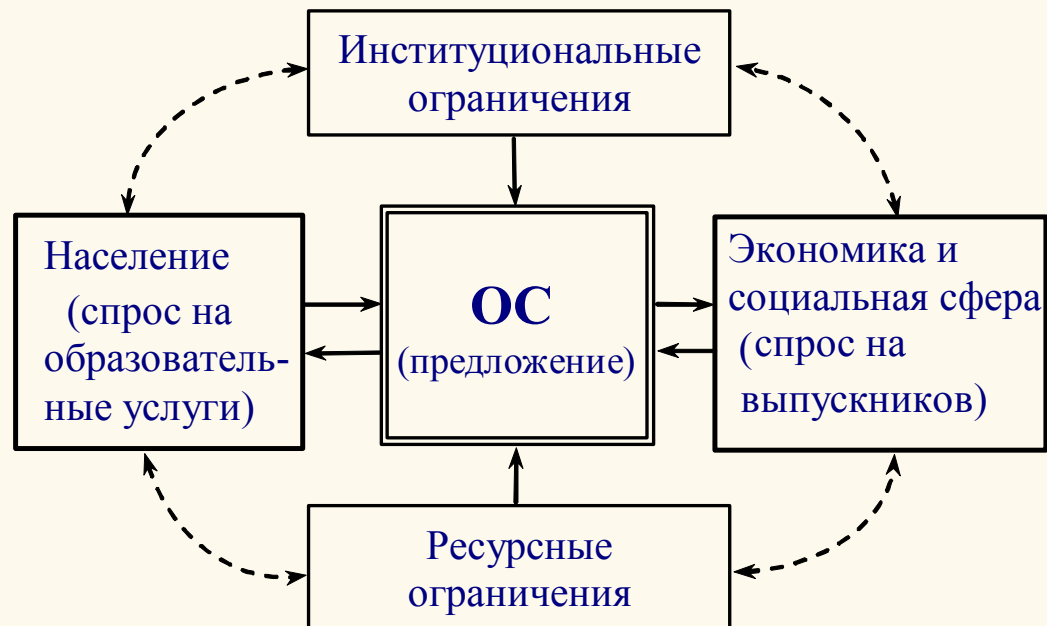




Уровень управления	Муници- палитет	Субрегион	Регион	Федерация
Уровень ОП				
Дошкольное образование	+	—	—	—
Основная школа	+	●	—	—
Профильная школа	+	+	●	—
Начальное профессиональное образование	+	+	+	●
Среднее профессиональное образование	●	+	+	+
Высшее профессиональное образование	—	●	+	+



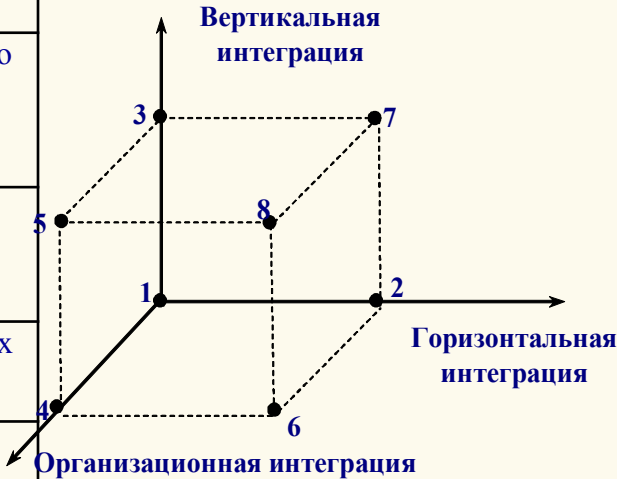
Уровень управления		Муници- палитет	Субрегион	Регион	Федерация
Ресурсное обеспечение					
Финансовое		++++	+++	++	+
		—	++++	+++	+
Кад- ровое	Подготовка	—	—	++++	+
		—	—	++	++++
	Повышение квалификации	+	++	++++	+
		—	—	++++	++
	Подбор	++++	+	—	—
		+	++++	+++	—
Материально-техническое		++++	+++	++	+
		—	++++	+++	++
Научно-методическое		—	+	++	++++
		—	+	+++	++++
Организационное		++++	+++	++	+
		+	++	++++	++
Нормативно-правовое		+	++	+++	++++
		—	+	+++	++++
Информационное		+	++	+++	++++
		+	++	+++	++++



Целью образовательной системы является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных требований к качеству образования (в том числе – государственных образовательных стандартов), институциональных и демографических ограничений, а также существующего ресурсного обеспечения, в территориальном, отраслевом и уровневом аспектах.



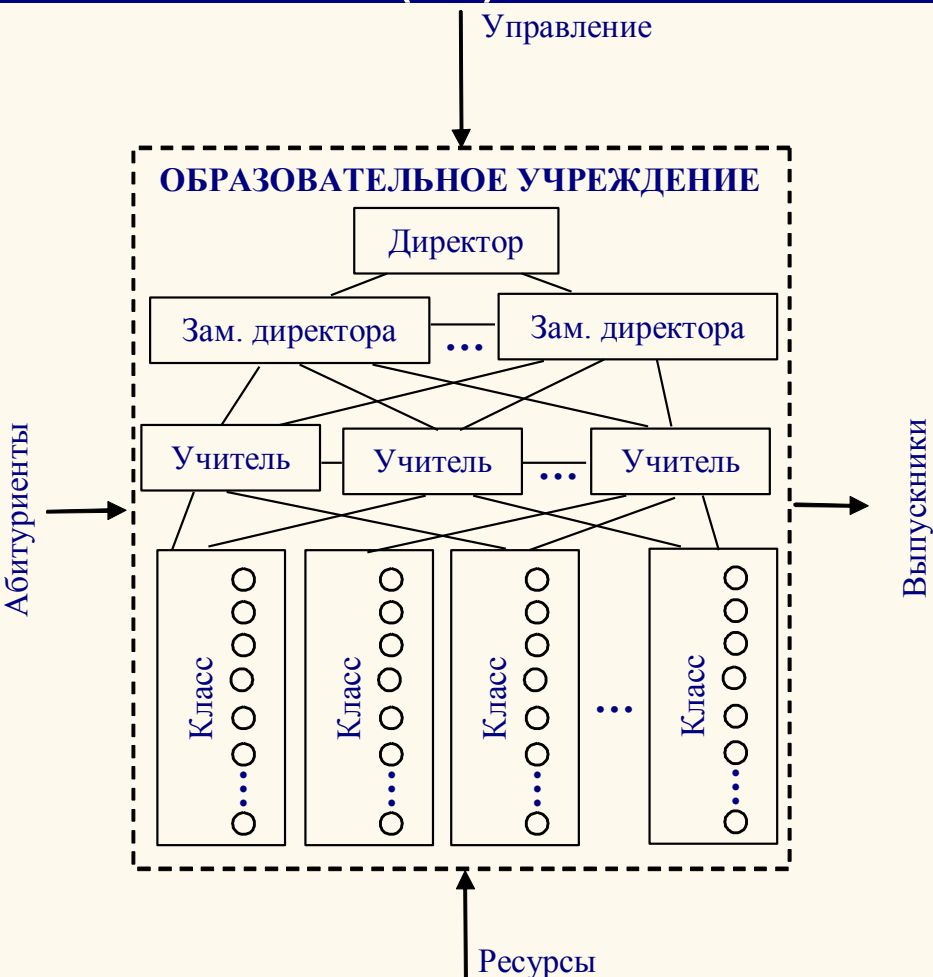
№	Горизонтальная интеграция	Вертикальная интеграция	Организационная интеграция	Примеры
1	Низкая	Низкая	Низкая	Сеть образовательных учреждений.
2	Высокая	Низкая	Низкая	Объединение горизонтально интегрированных образовательных учреждений.
3	Низкая	Высокая	Низкая	Объединение вертикально интегрированных образовательных учреждений.
4	Низкая	Низкая	Высокая	«Холдинг» образовательных учреждений.
5	Низкая	Высокая	Высокая	Холдинг вертикально интегрированных образовательных учреждений.
6	Высокая	Низкая	Высокая	Холдинг горизонтально интегрированных образовательных учреждений.
7	Высокая	Высокая	Низкая	Объединение образовательных учреждений с полной интеграцией образовательных программ.
8	Высокая	Высокая	Высокая	Холдинг с полной интеграцией образовательных программ.



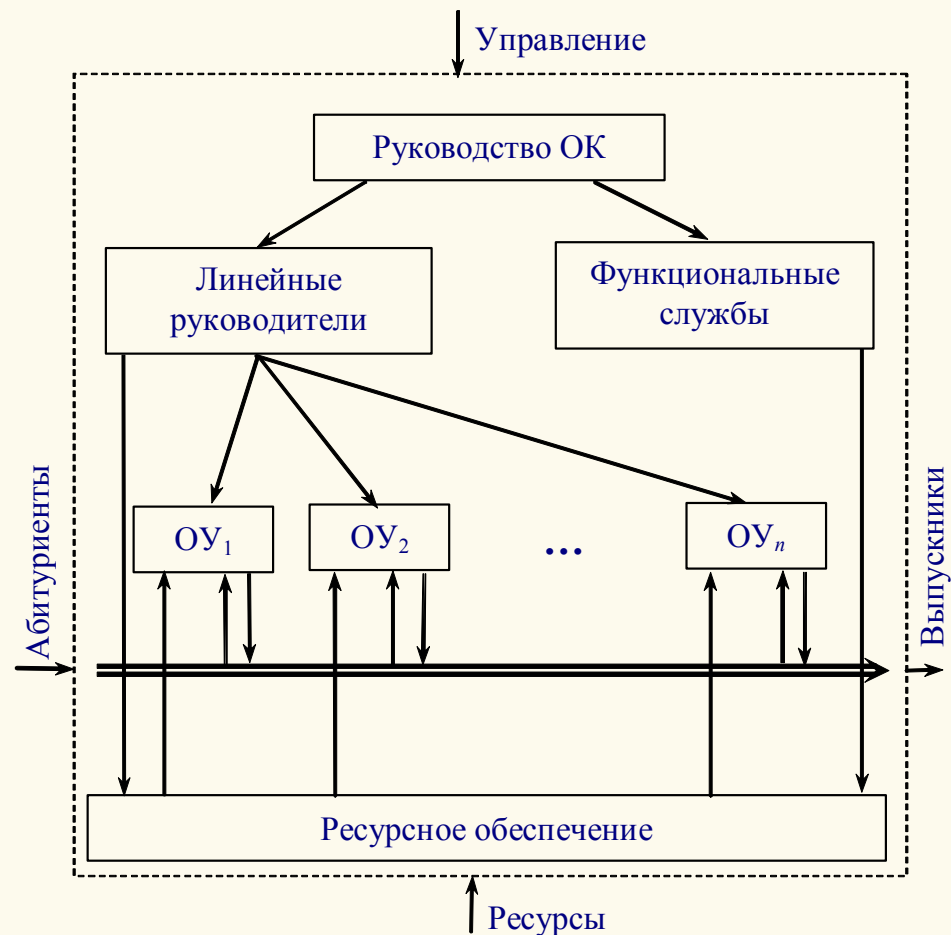
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ (ОК)



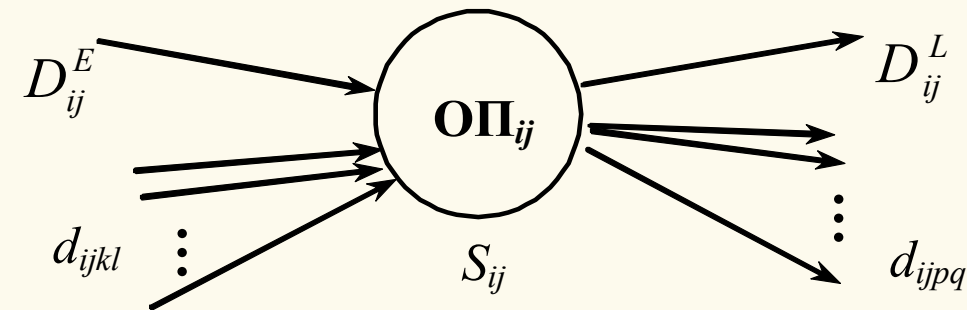
Институт Проблем
Управления РАН



Функциональная модель ОУ

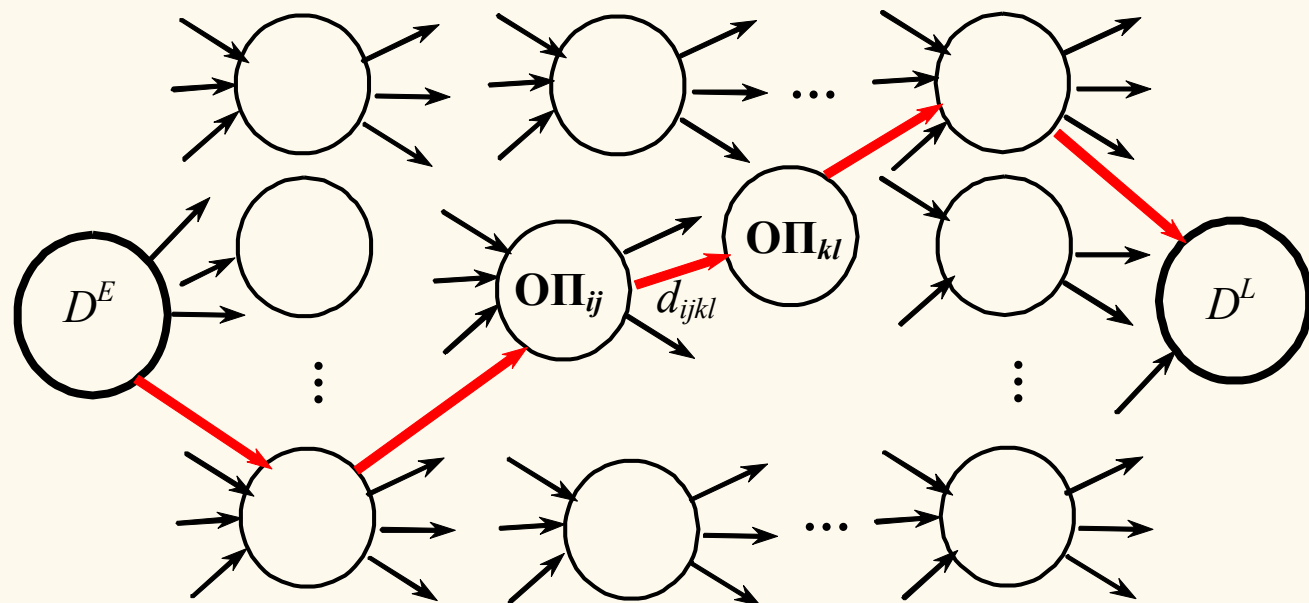


**Функционально-структурная
модель ОК**



Потоковое представление
образовательной программы (ОП)

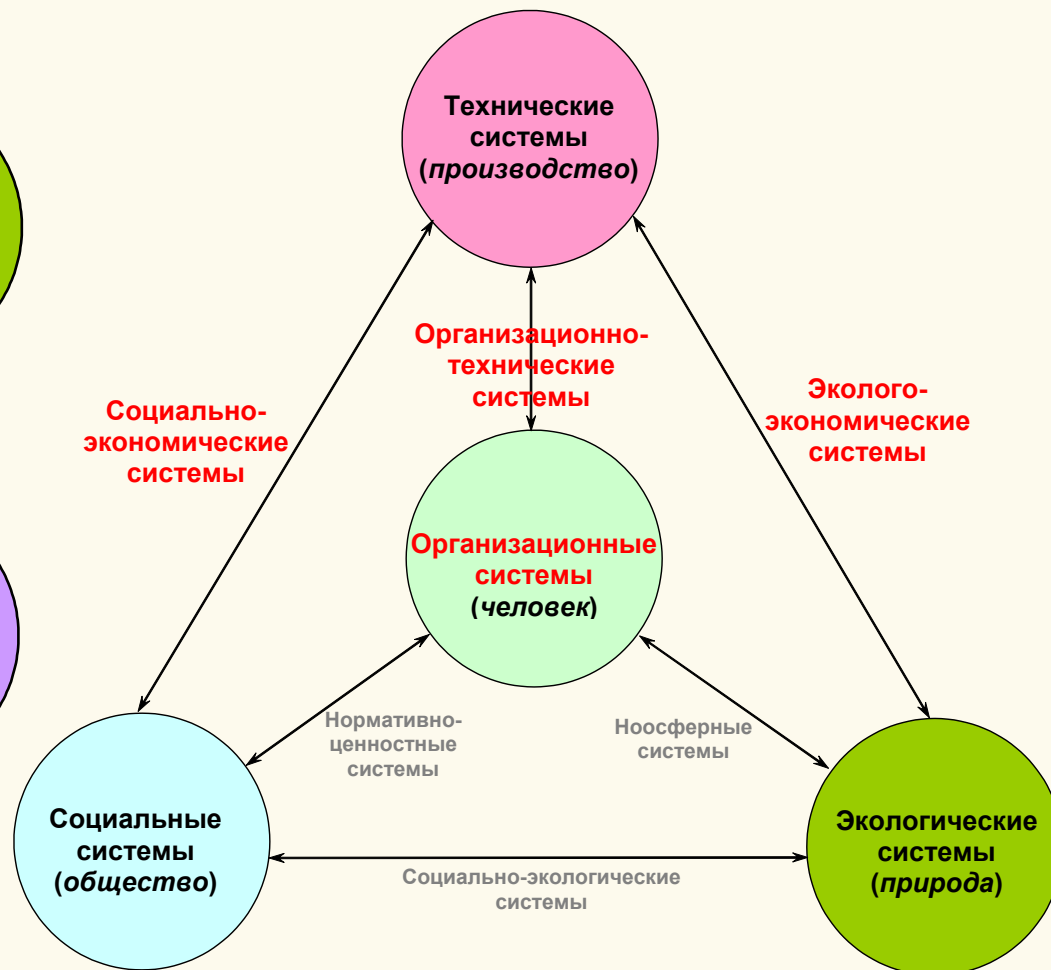
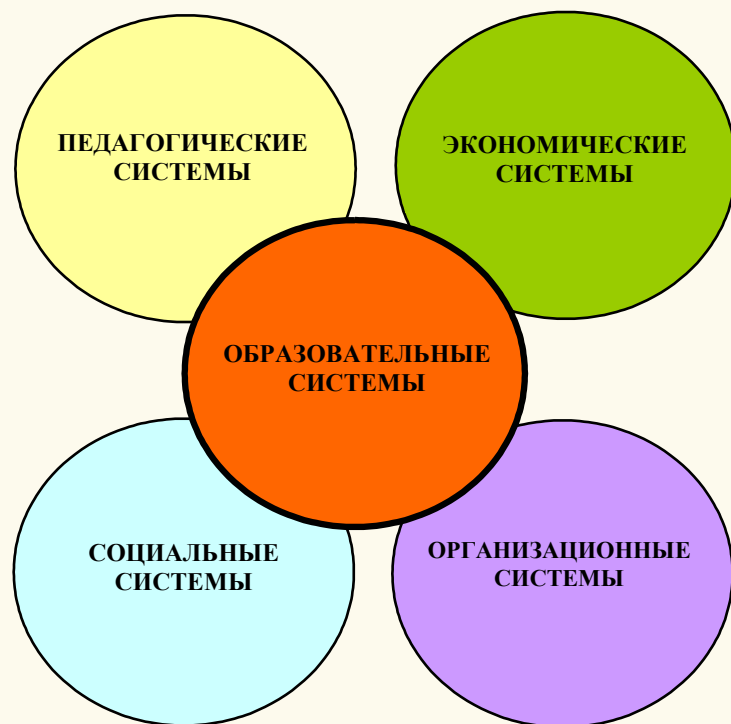
Образовательная траектория





2. СПЕЦИФИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

СИСТЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ



Специфика систем междисциплинарной природы:

- ✓ Самостоятельное целеполагание, целенаправленность поведения (сознательное искажение информации, невыполнение обязательств и т.д.)
- ✓ Рефлексия (нетривиальная взаимная информированность, дальновидность, эффект обмена ролями и т.п.)
- ✓ Ограниченная рациональность (принятие решений в условиях неопределенности и ограничений на объем обрабатываемой информации)
- ✓ Кооперативное и/или конкурентное взаимодействие (образование коалиций, информационное и др. противодействие)
- ✓ Иерархичность
- ✓ Многокомпонентность
- ✓ Распределенность

Образовательная система может рассматриваться как *система междисциплинарной природы* – педагогическая, экономическая, социальная и организационная система, в которой первичен **образовательный процесс** (обучение и воспитание), все остальные процессы играют вспомогательную, обеспечивающую роль. Действительно, если в промышленности, строительстве и т.д. базовые (технологические) процессы неотделимы от экономических и других процессов, то в образовании это не так. Все остальные процессы – вспомогательные.

ОС – *институт системной трансляции культуры* (то есть, ее «продукт» – образованный человек).

Образование является «слепком» общества, то есть отражает воззрения, установки, условия жизни в каждой стране и в каждый исторический период. Чего не скажешь в той же степени про все остальные отрасли народного хозяйства.

Образование охватывает всю жизнь человека от пренатального (дородового) периода до смерти. Образование складывается из многих источников – родителей, учителей, СМИ, улицы и т.д. (по принципу восточной мудрости: «каждый человек тебе учитель»).

ОС – *искусственная система*, то есть созданная человеком.

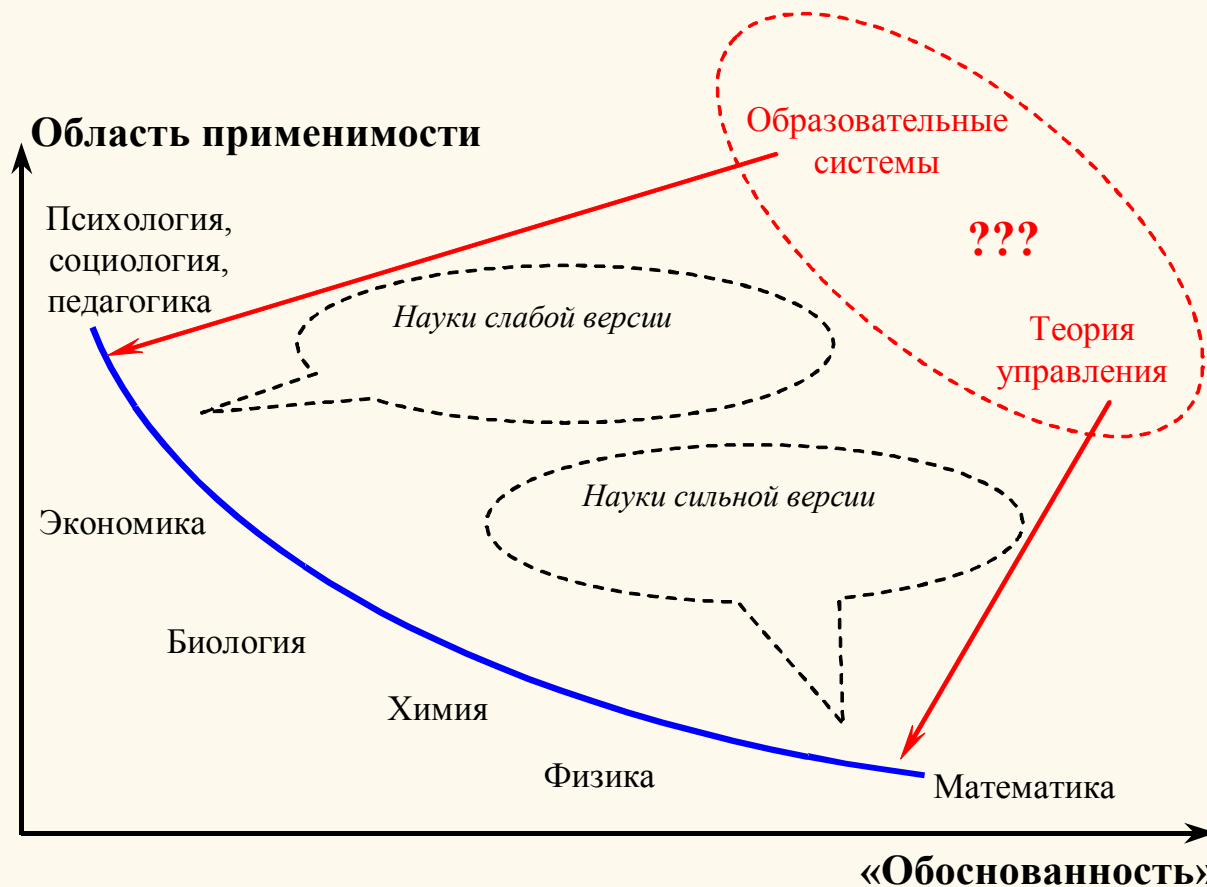
ОС – *открытая*, то есть взаимодействующая с другими системами.

Для ОС характерны, во-первых, определенная инерционность, консерватизм, характерные времена системы (например, плановая продолжительность обучения), как правило, превышают характерные времена изменения внешней среды (например, время изменения требований к содержанию образования или компетенциям выпускников). Во-вторых, имеет место первичность социальных целей (доминирование экономической эффективности может привести к снижению качества или доступности образования).

Плюс к перечисленным признакам, проанализировав работы по управлению образованием, можно добавить, что образовательная система, как правило, является профессиональной, иерархической, целенаправленной, динамичной, адаптивной, развивающейся и т.д.

«ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ»

(Область применимости) x («Обоснованность») ≤ Const





3. «МАТЕМАТИКА» В «ПЕДАГОГИКЕ»

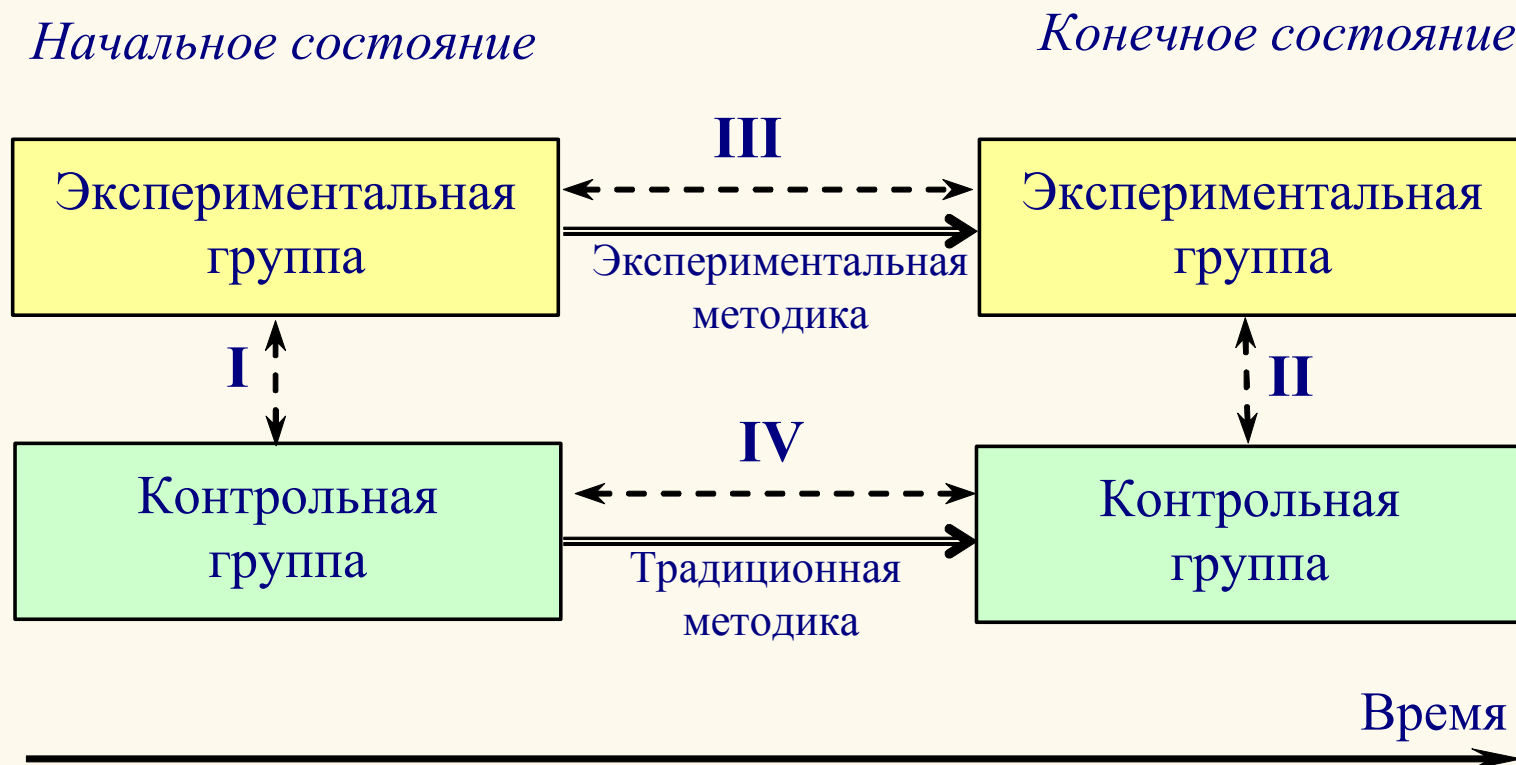
Теории измерений и методы
статистической обработки
результатов педагогических
экспериментов

Дискретная математика (теория
графов) в моделях оптимизации
учебного процесса и содержания
образования

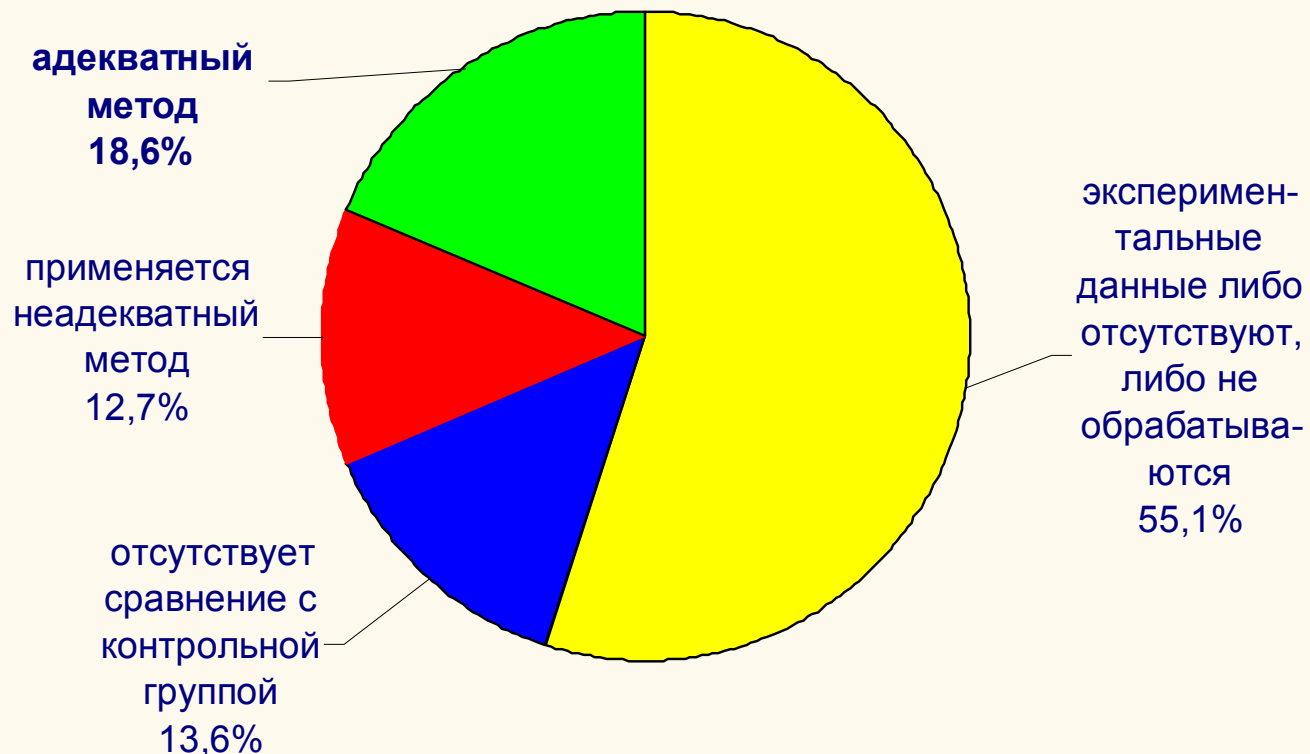
Модели научения,
описывающие динамику
приобретения знаний,
формирования умений и
навыков

Менеджмент образования

Модели информатизации
образования



Для анализа применяемых в педагогических исследованиях статистических методов были использованы 118 успешно защищенных в различных диссертационных советах и утвержденных ВАК кандидатских и докторских диссертаций.





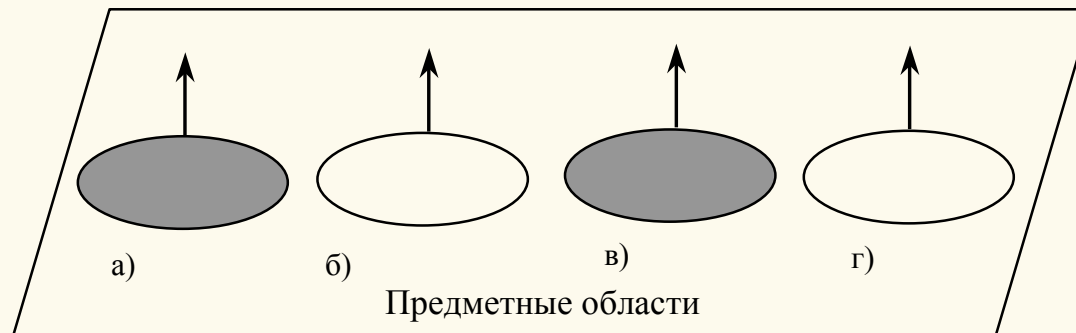
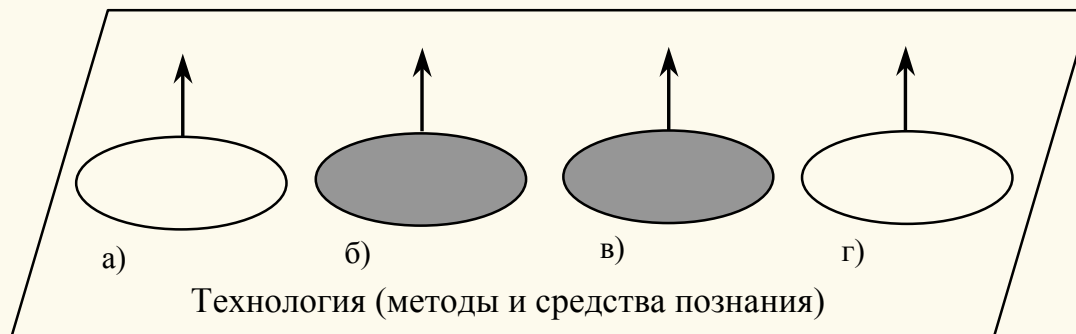
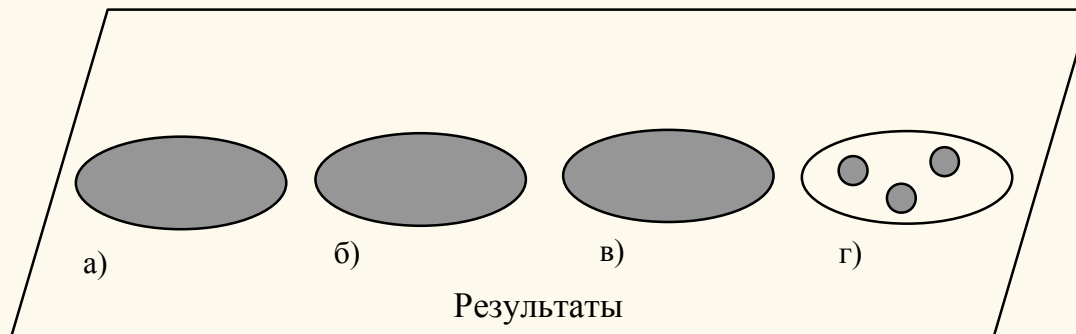
4. ТЕОРИЯ?

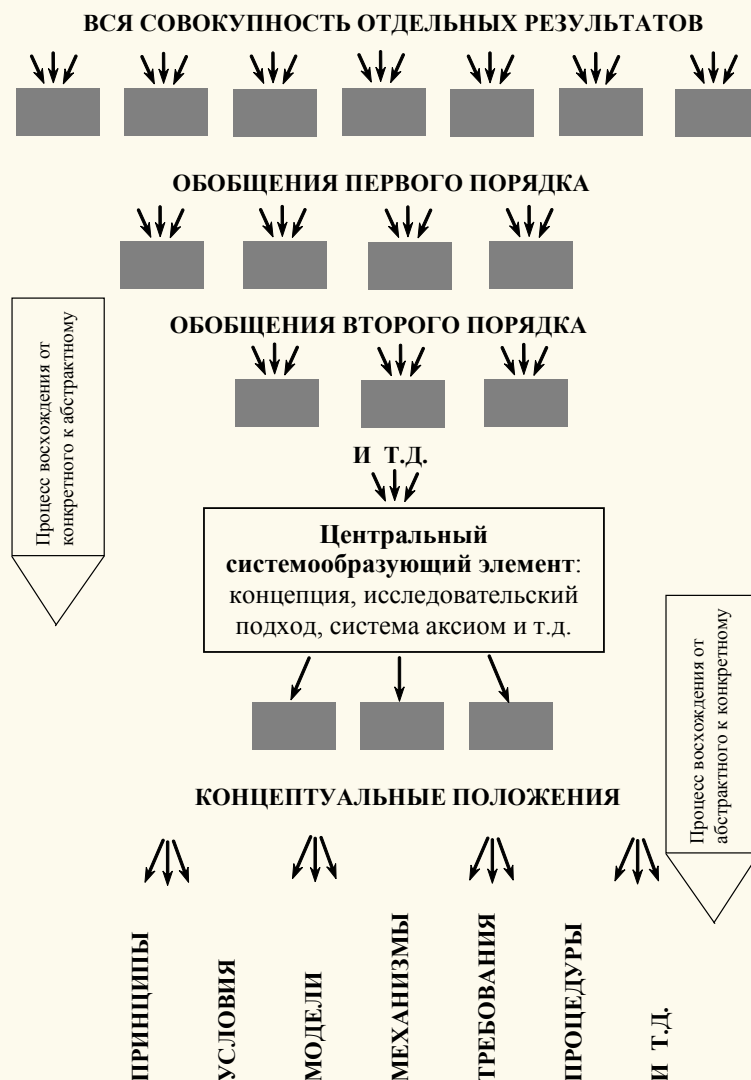
Теорией называется форма организации достоверного научного знания о некоторой совокупности объектов, представляющая собой систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащая методы объяснения и предсказания явлений и процессов данной предметной области, то есть всех явлений и процессов, описываемых данной теорией.

Любая научная теория состоит, во-первых, из взаимосвязанных *структурных компонентов*. Во-вторых, любая теория, независимо от того, к какому типу она относится, имеет в своем исходном базисе *центральный системообразующий элемент*.

Центральным системообразующим элементом **теории управления образовательными системами** является категория **организации**, так как управление – процесс организации, в результате которого в управляемой организационной (образовательной – имеющей основным образовательный процесс) системе появляется организация как свойство.

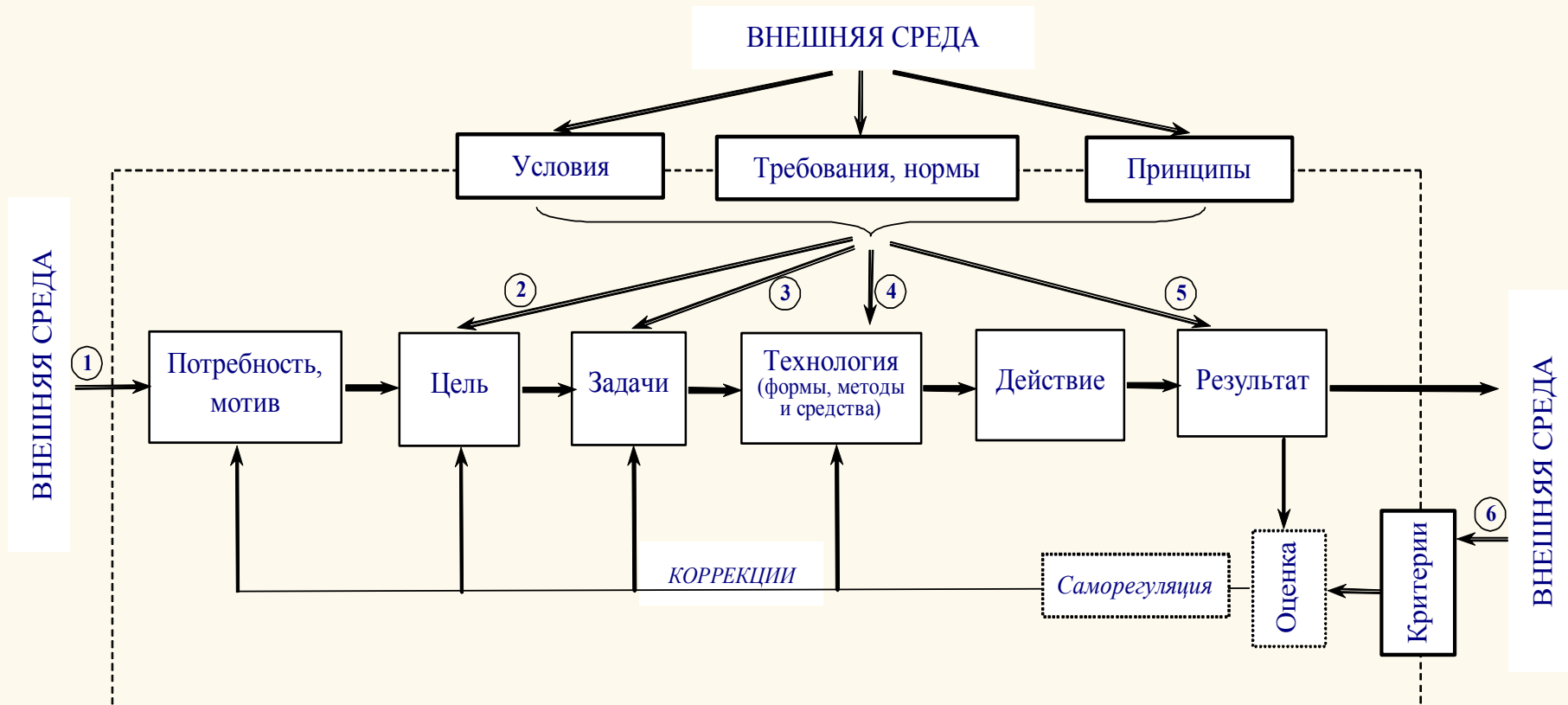
Структура теории управления образовательными системами определяется совокупностью основных компонентов этой теории и связями между ними.

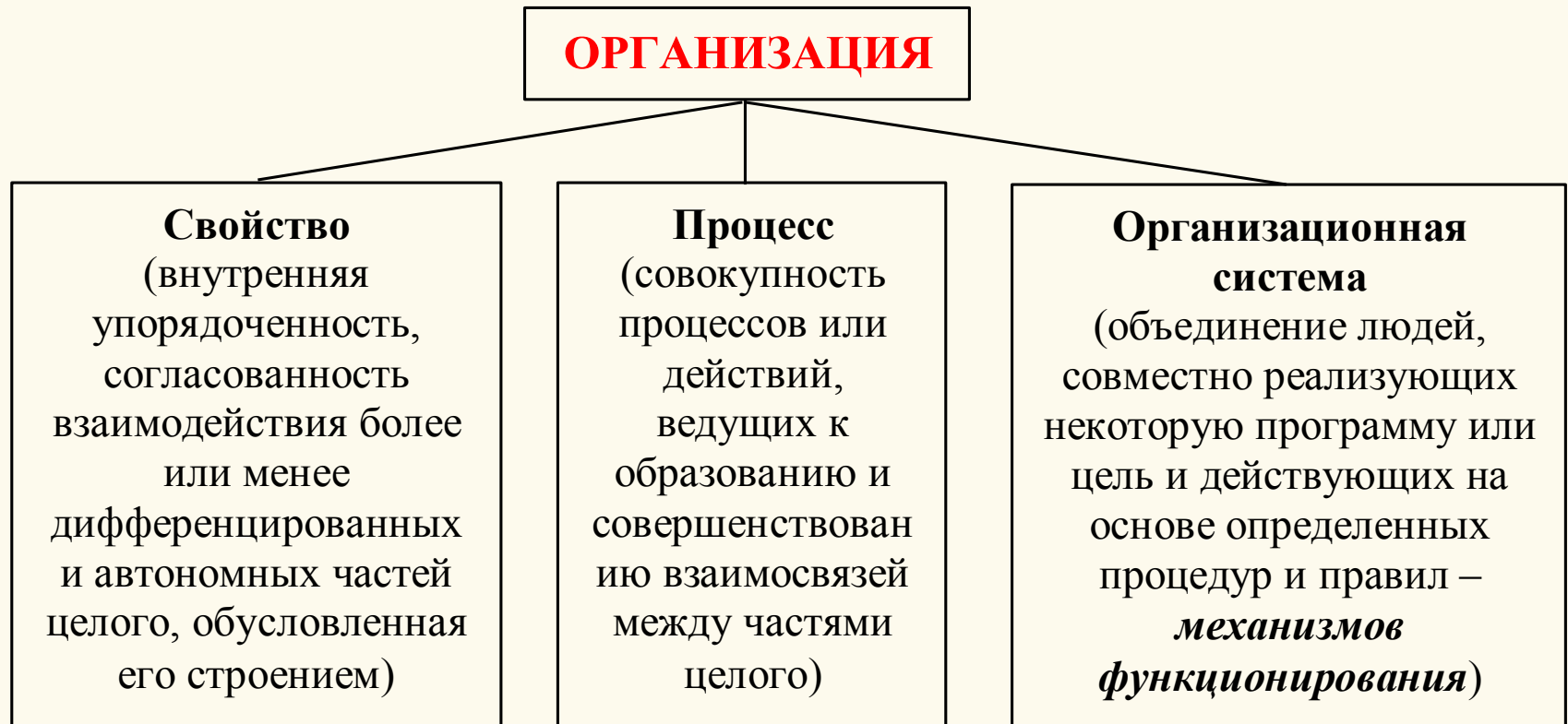




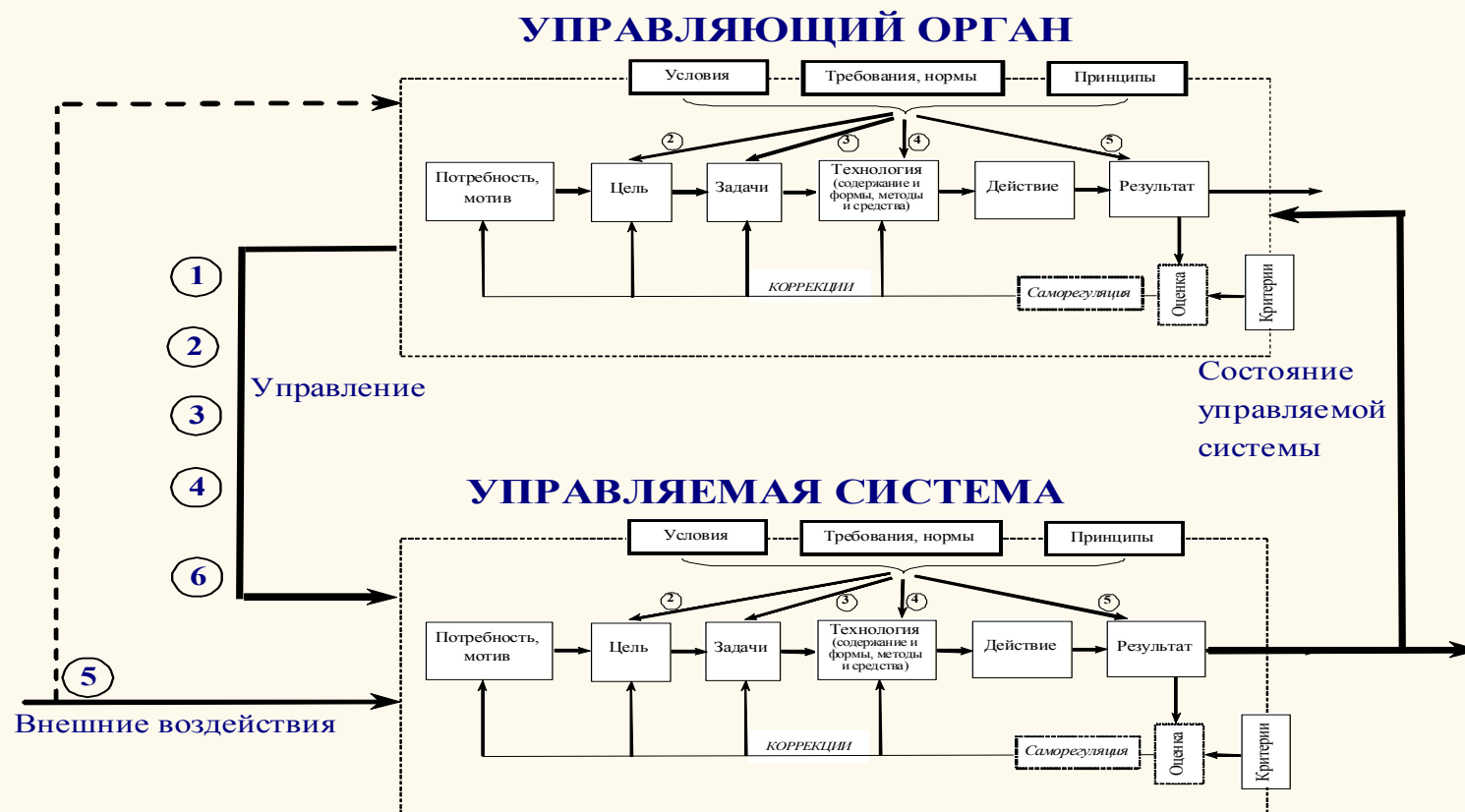


5. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ





В образовательных, организационных, социально-экономических системах (где и управляющий орган и управляемая система являются субъектами) УПРАВЛЕНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ (управляющих органов) ПО ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (управляемых субъектов).





6. СТРУКТУРА ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ



В качестве **основных принципов модернизации системы образования** могут использоваться следующие три, а именно, повышение:

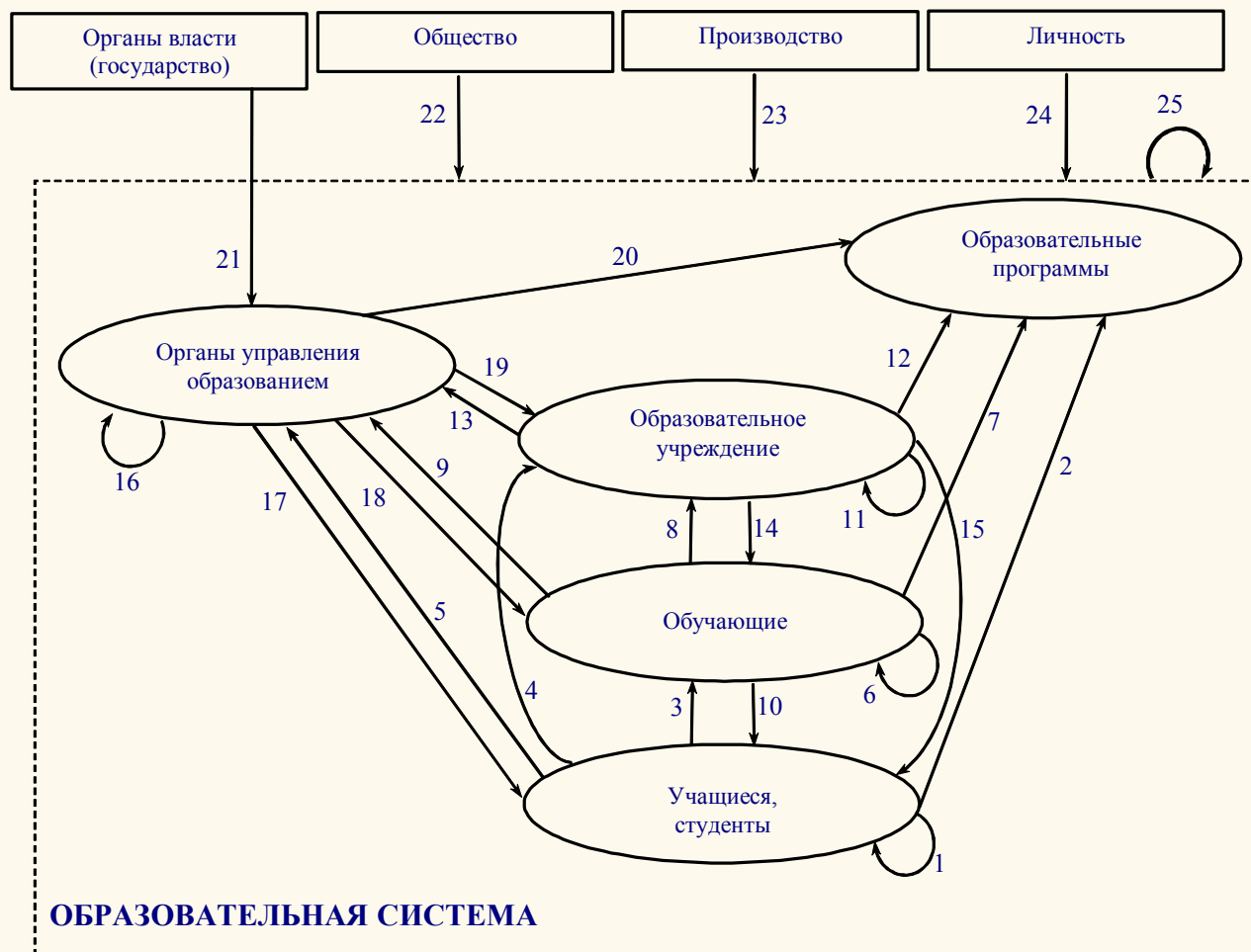
- качества (образования),
- доступности (образования),
- эффективности (образовательной системы).

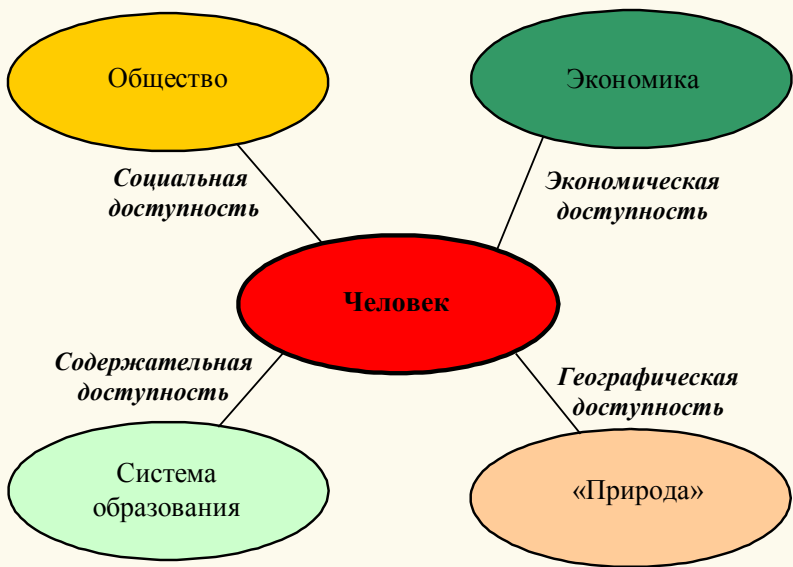
Соответственно, главными направлениями модернизации системы управления образованием являются следующие:

- управление качеством;
- управление доступностью;
- управление эффективностью.

Эти три ключевых направления являются основными *критериями эффективности управления.*

ВНЕШНЯЯ СРЕДА





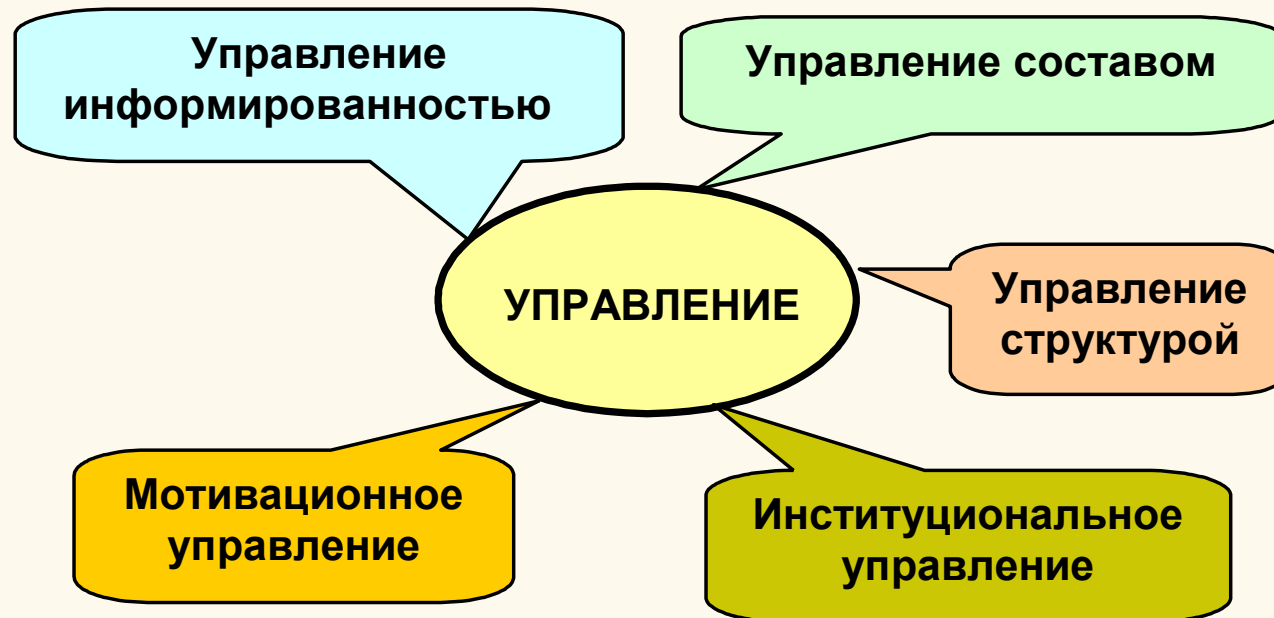
Виды доступности образования

Распределение ответственности
за доступность образования

Вид доступности образования	ОУ	Муници- палитет	Суб- регион	Регион	Феде- рация
Экономическая (финансовая) доступность	+	•	•	•	+
Транспортная (географическая) доступность	•	+	+	•	+
Содержательная доступность	+	–	–	•	+
Социальная доступность	•	•	•	+	+









7. КОМПОНЕНТЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Компоненты теории	Детализация
Определение и свойства объекта/субъекта управления – ОС	
Предметы управления	Состав ОС и ОП, структура ОС, спрос и предложение на образовательные услуги и на выпускников ОС, ограничения и нормы деятельности, предпочтения и информированность участников ОС.
Схема управленческой деятельности	Структурные компоненты деятельности: «потребность → мотив → цель → задачи → технология → действие → результат».
Условия управления	Мотивационные, кадровые, материально-технические, научно-методические, финансовые, организационные, нормативно-правовые, информационные условия.
Критерии эффективности управления	Качество образования, доступность образования и эффективность ОС. Факторы, влияющие на эффективность управления: экономический фактор, фактор агрегирования, фактор неопределенности, информационный фактор, организационный фактор.
Виды (методы) управления	Управление составом и структурой ОС и ОП, институциональное, мотивационное и информационное управление.
Типы управления	Проектное и процессное управление.
Формы управления	Иерархическое, распределенное и сетевое управление; индивидуальное и коллективное управление; унифицированное и персонифицированное управление.



Компоненты теории	Детализация
Средства управления	Приказы, распоряжения, указания, планы, нормы, нормативы, регламенты и т.д.
Функции управления	Планирование, организация, стимулирование и контроль.
Принципы управления	Иерархии; унификации; целенаправленности; доступности; бесплатности; ответственности; невмешательства; общественно-государственного управления; саморазвития; полноты и оптимальности; регламентации управленческой деятельности; обратной связи; адекватности; оперативности; опережающего отражения; адаптивности; рациональной централизации; демократического управления; согласованного управления.
Принципы развития	Гуманизации образования; фундаментализации образования; деятельностной направленности образования; национального характера образования; самоорганизации учебной деятельности учащихся и студентов; сотрудничества педагогов и обучаемых; открытости образовательных учреждений; многообразия образовательных систем; регионализации образования; равных возможностей; общественно-государственного управления; опережающего потребности производства уровня образования населения; опережающей подготовки кадров для регионов; саморазвития личности обучаемого (учащегося, студента, слушателя, курсанта); базового образования; многоуровневости образовательных программ; дополнительности (взаимодополнительности) базового и последипломного образования; маневренности образовательных программ; преемственности образовательных программ; интеграции образовательных структур; гибкости организации форм образования (обучения).



Компоненты теории	Детализация
Задачи управления	Мониторинг и анализ текущего состояния ОС; прогноз развития ОС; целеполагание; планирование; распределение функций и ресурсов; стимулирование (мотивация); контроль и оперативное управление; анализ произведенных изменений.
Группы механизмов управления	Комплексного оценивания, экспертизы, тендеры, распределения ресурса, финансирования, стимулирования, оперативного управления.
Механизмы управления	Активной экспертизы, внутренних цен, выбора ассортимента, дополнительных соглашений, «затраты-эффект», институционального управления, информационного управления, компенсационные, комплексного оценивания (агрегирования информации), конкурсные (тендеры), многоканальные, назначения, обмена, опережающего самоконтроля, оптимизации производственного и коммерческого циклов, освоенного объема, противозатратные, распределения ресурса (в том числе – затрат и доходов), самокупаемости (самофинансирования), синтеза организационной структуры, синтеза состава, смешанного финансирования, согласия, стимулирования, страхования, точек контроля, управления взаимодействием участников, управления договорными отношениями, финансирования проектов.

Механизмы планирования

Механизмы распределения ресурса
Механизмы активной экспертизы
Механизмы внутренних цен
Конкурсные механизмы

Планирование

Механизмы контроля

Механизмы комплексного
оценивания
Механизмы согласия
Многоканальные
механизмы
Механизмы опережающего
самоконтроля

Контроль

ЦИКЛ
УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Механизмы организации

Механизмы смешанного
финансирования
Противозатратные
механизмы
Механизмы
самоокупаемости
Механизмы оптимизации
производственного и
коммерческого циклов

Организация

Стимулирование

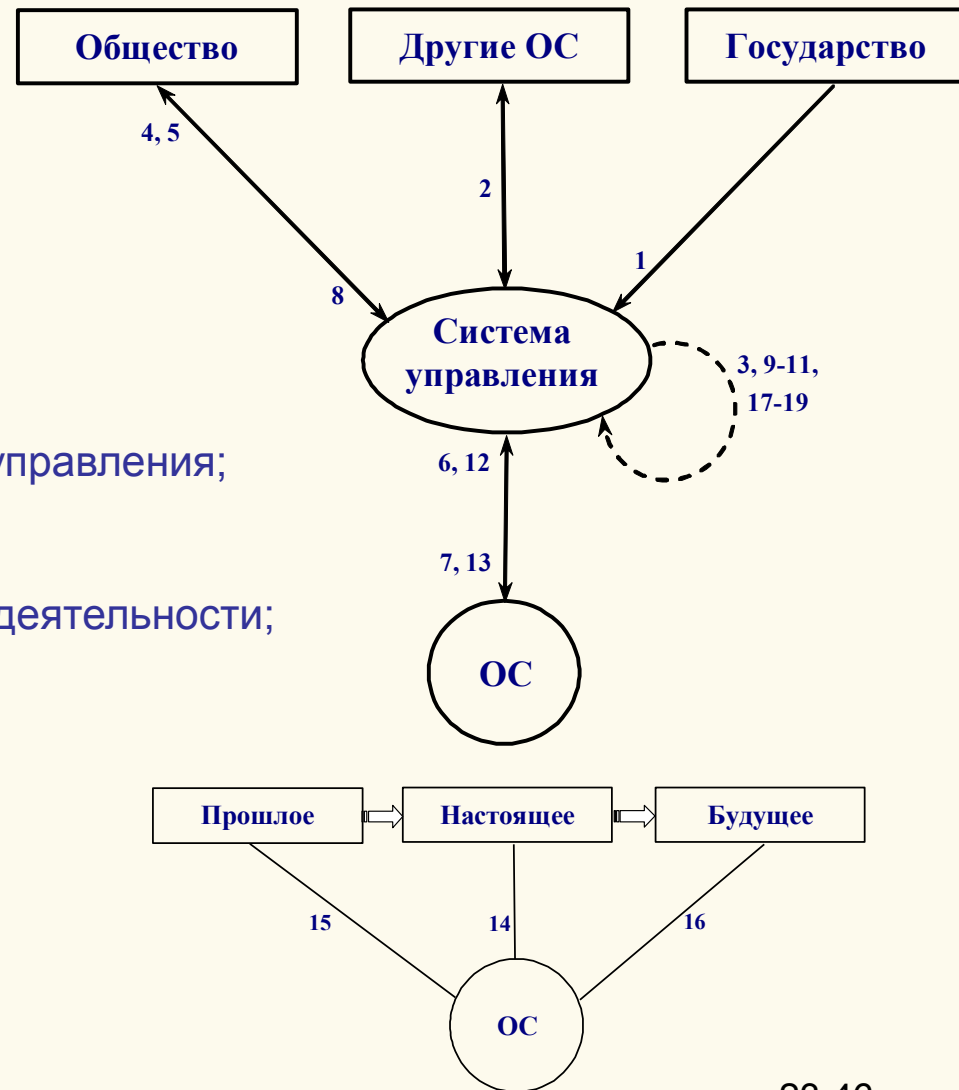
Механизмы стимулирования

Механизмы стимулирования за индивидуальные и коллективные результаты
Механизмы унифицированного стимулирования
Механизмы «бригадной» оплаты труда
Механизмы стимулирования в матричных структурах



8. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

1. Принцип иерархии;
2. Принцип унификации;
3. Принцип целенаправленности;
4. Принцип доступности;
5. Принцип бесплатности;
6. Принцип ответственности;
7. Принцип невмешательства;
8. Принцип общественно-государственного управления;
9. Принцип саморазвития;
10. Принцип полноты и оптимальности;
11. Принцип регламентации управленческой деятельности;
12. Принцип обратной связи;
13. Принцип адекватности;
14. Принцип оперативности;
15. Принцип опережающего отражения;
16. Принцип адаптивности;
17. Принцип рациональной централизации;
18. Принцип демократического управления;
19. Принцип согласованного управления.



Принцип 1 (иерархии). Иерархия системы управления образованием должна соответствовать (не должна противоречить, то есть соответствие может не быть однозначным), с одной стороны, иерархии системы исполнительной власти, а, с другой стороны – иерархии территориальных образовательных потребностей (территориальных сегментов рынков образовательных услуг и рынков труда).

Принцип 2 (унификации). Образовательные системы всех уровней должны описываться и рассматриваться в рамках единого подхода (как с точки зрения параметров их моделей, так и с точки зрения критериев эффективности функционирования), не исключающего, впрочем, необходимости учета специфики каждой конкретной ОС.

Принцип 3 (целенаправленности). Целью образовательной системы является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных требований к качеству образования (в том числе – государственных образовательных стандартов), институциональных и демографических ограничений, а также существующего ресурсного обеспечения, в территориальном, отраслевом и уровневом аспектах.

Принцип 4 (доступности). С точки зрения транспортной доступности (для населения) основным структурным элементом ОС является территориальная сеть.

Принцип 5 (бесплатности). Важнейшим институциональным ограничением является обязанность ОС реализовывать право граждан на бесплатное образование.



Принцип 6 (ответственности). Каждый орган управления образованием несет ответственность за качество образовательных услуг, предоставляемых управляемыми им ОС.

Принцип 7 (невмешательства). Вмешательство управляющего органа любого уровня происходит в том и только в том случае, когда непосредственно подчиненные ему ОС не обеспечивают реализации комплекса необходимых функций.

Принцип 8 (общественно-государственного управления). Управление системой образования должно быть нацелено на максимальное вовлечение всех заинтересованных субъектов (общество, органы государственной власти, физические и юридические лица) в процесс развития системы образования.

Принцип 9 (саморазвития). Одним из управляющих воздействий является изменение самой системы управления ОС (которое, будучи индуцированным изнутри, может рассматриваться как саморазвитие, столь необходимое в современных условиях существенной автономии ОС).

Принцип 10 (полноты и оптимальности). Предлагаемый набор мероприятий должен обеспечивать достижение поставленных целей (требование полноты) оптимальным (и/или допустимым) способом.

Принцип 11 (регламентации управленческой деятельности). Управленческая деятельность должна быть регламентирована.

Принцип 12 (обратной связи). Для эффективного управления необходима информация о состоянии управляемой системы и условиях ее функционирования, причем реализация любого управляющего воздействия и ее последствия должны отслеживаться, контролироваться управляющим органом.

Принцип 13 (адекватности). Система управления (ее структура, сложность, функции и т.д.) должна быть адекватна (соответственно, структуре, сложности, функциям и т.д.) управляемой системы.

Принцип 14 (оперативности). Данный принцип требует, чтобы при управлении в режиме реального времени информация, необходимая для принятия решений, поступала вовремя, сами управленческие решения принимались и реализовывались оперативно в соответствии с изменениями управляемой системы и внешних условий ее функционирования. Другими словами, характерное время выработки и реализации управленческих решений не должно превышать характерное время изменений управляемой системы (то есть система управления должна быть адекватна управляемым процессам в смысле скорости их изменений).

Принцип 15 (опережающего отражения) – сложная адаптивная система прогнозирует возможные изменения существенных внешних параметров («принцип опережающего отражения» П.К. Анохина утверждает, что сложная система реагирует не на внешнее воздействие в целом, а по первому звену много раз повторявшегося (в прошлом) последовательного ряда внешних воздействий). Следовательно, при выработке управляющих воздействий необходимо предсказывать и упреждать такие изменения.



Принцип 16 (адаптивности). Если принцип опережающего отражения выражает необходимость прогнозирования состояния управляемой системы и соответствующих действий управляющего органа, то принцип адаптивности утверждает, что, во-первых, при принятии управленческих решений необходимо учитывать имеющуюся информацию об истории функционирования управляемой системы, а, во-вторых, однажды принятые решения должны периодически (см. принцип оперативности) пересматриваться в соответствии с изменениями состояния управляемой системы и условий ее функционирования.

Принцип 17 (рациональной централизации) утверждает, что в любой сложной многоуровневой системе существует рациональный уровень централизации управления, ресурсов и т.д.

Принцип 18 (демократического управления). Иногда его называют *принципом анонимности*. Этот принцип заключается в обеспечении равных условий и возможностей для всех участников системы без какой-либо их априорной дискриминации в получении информационных, материальных, финансовых, образовательных и других ресурсов.

Принцип 19 (согласованного управления). Это принцип отражает требование того, что управляющие воздействия в рамках существующих институциональных ограничений должны быть максимально согласованы с интересами и предпочтениями управляемых субъектов.



9. КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ*

* См. в электронной библиотеке на сайте www.mtas.ru полный текст статьи Новикова А.М. и Новикова Д.А. «Системная теория развития профессионального образования» / Труды международной конференции «Особенности профессионального обучения в условиях мирового экономического кризиса». – М.: ИПТОП РАО, 2010. С. 141 – 151.

Первый вызов – *возрастание роли человеческого капитала как основного фактора социального и экономического развития страны.*

Второй вызов – *возрастание роли знаний и компетенций личности и организации как основного капитала и средства производства (материального и духовного).*

Третий вызов – *рост темпов изменений требований к результатам профессиональной деятельности на фоне усиливающейся роли инноваций. Как следствие – усиление глобальной конкуренции на всех уровнях – от Мира в целом до отдельной личности.*

Профессиональная образованность в постиндустриальном обществе – это способность человека осуществлять профессиональную деятельность (общаться, учиться, анализировать, проектировать, выбирать и творить) на основе (основания выделения – соответственно: освоение прошлого, возможность осуществления эффективной профессиональной деятельности «в настоящем» и возможность развития):

- глубоких фундаментальных знаний,
- высоких профессиональных компетенций,
- высоких базисных компетенций.

Целью модернизации является превращение системы профессионального образования в основу развития личности и общества, динамичного роста экономики страны.

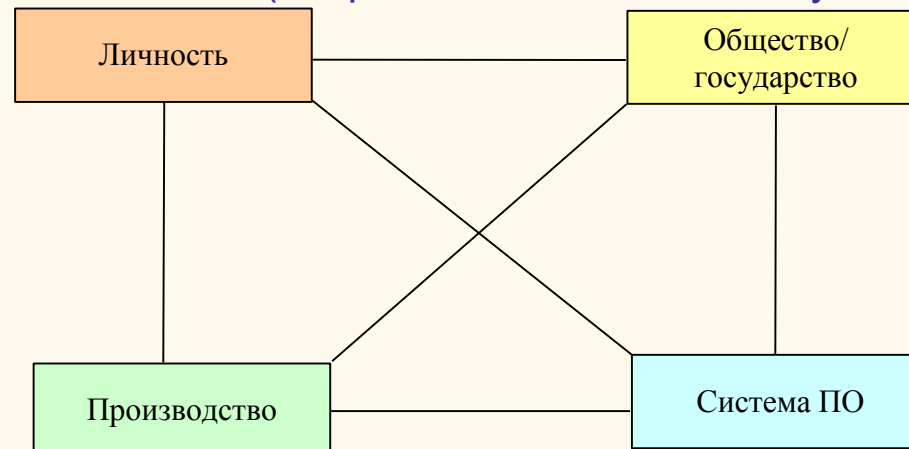


Исходя из того, что профессиональное образование (ПО) направлено на удовлетворение потребностей четырех *субъектов/объектов (заказчиков и потребителей образовательных услуг)* :

- личность;
- общество, государство;
- производство;
- сама система ПО,

основными **направлениями развития** системы ПО будут соответственно являться:

1. ГУМАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ (направленность на личность);
2. ДЕМОКРАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ (направленность на общество, государство);
3. ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ (направленность на производство);
4. НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ (направленность на систему ПО).

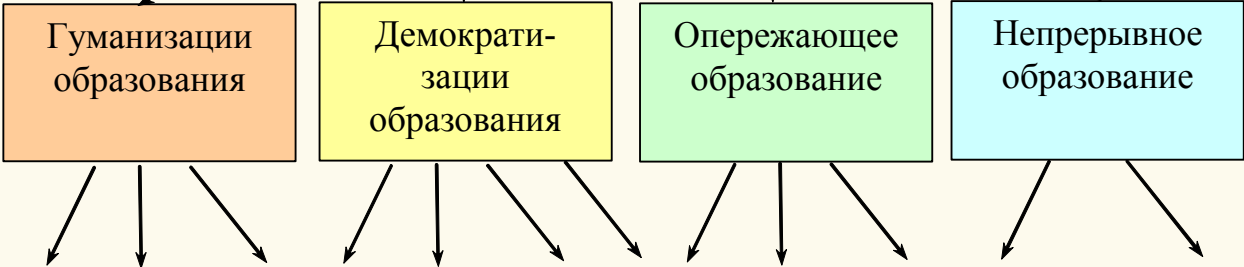






Направления:

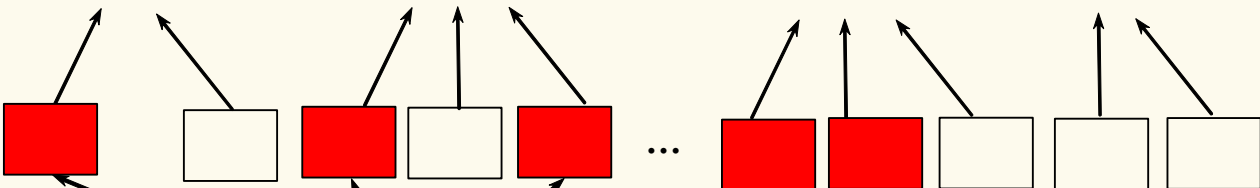
КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ
СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ



Принципы:

...

Условия:



МЕРОПРИЯТИЯ:



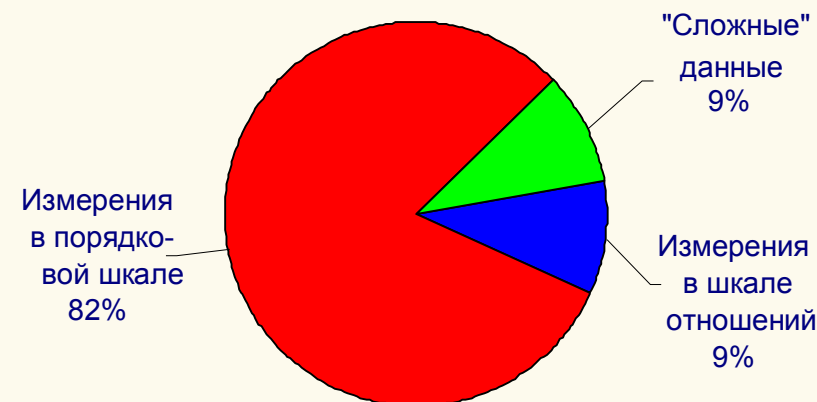


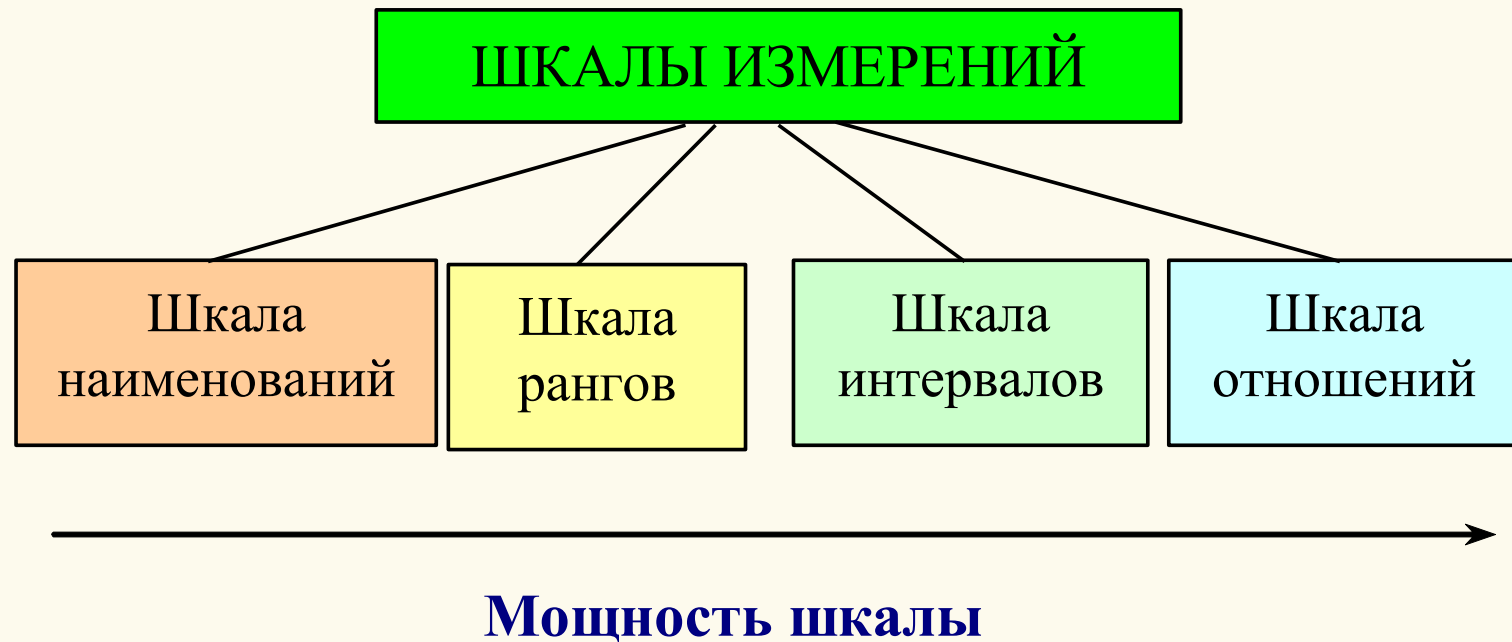
10. ПРИЛОЖЕНИЕ: Статистические методы в педагогических исследованиях

Типичные (то есть, наиболее часто встречающиеся в диссертационных исследованиях по педагогике) **характеристики**: уровень (степень) знаний, усвоения, обучаемости, компетентности, подготовки, адаптируемости, отношения, сформированности, удовлетворенности, профессионализма, самостоятельности, становления, развития и т.д.; качество обучения; эффективность деятельности (учебной, преподавательской, воспитательной, управленческой). Данные характеристики в диссертационных исследованиях в большинстве случаев измерялись в порядковой шкале (чаще всего, в двух-, трех- или пятибалльной), реже – в шкале отношений (количество учащихся, успешно выполнивших задание или набравших тот или иной балл; объем усвоенного материала; время, затрачиваемое на изучение установленного объема учебного материала и т.д.).

Характеристики, измеряемые в шкале отношений:

- **временные** (время выполнения действия, операции, время реакции, время, затрачиваемое на исправление ошибки, и т.д.);
- **скоростные** (производительность труда, скорость реакции, движения и т.д. – величины, обратные времени);
- **точностные** (величина ошибки в мерах физических величин (миллиметрах, углах и т.п.), количество ошибок, вероятность ошибки, вероятность точной реакции, действия и т.д.);
- **информационные** (объем заучиваемого материала, перерабатываемой информации, объем восприятия и т.д.).







Шкала	Допустимое преобразование
Наименований	Взаимно-однозначное
Порядковая	Строго монотонное
Интервальная	Линейное
Отношений	Подобия



Предположим, что имеется экспериментальная группа, состоящая из N человек, и контрольная группа, состоящая из M человек (где N и M – целые положительные числа, например, $N = 25$, $M = 30$). Допустим, что в результате измерения одного и того же показателя с помощью одной и той же процедуры измерений были получены следующие данные:

$x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ – выборка для экспериментальной группы
и
 $y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$ – выборка для контрольной группы,
где x_i – элемент выборки – значение исследуемого показателя (признака) у i -го члена экспериментальной группы, $i = 1, 2, \dots, N$, а y_j – значение исследуемого показателя у j -го члена контрольной группы, $j = 1, 2, \dots, M$. Число элементов выборки называется ее *объемом* – например, объем выборки x равен N , а объем выборки y равен M .

Шкала отношений. Если измерения производились в шкале отношений (время, число и т.д.), то $\{x_i\}$ и $\{y_j\}$ – положительные, в том числе – натуральные, числа, для которых имеют смысл все арифметические операции.

Рассмотрим пример. Пусть имеется экспериментальная группа, состоящая из 25 человек ($N = 25$), и контрольная группа, состоящая из 30 человек ($M = 30$), и измерение заключается в определении уровня знаний путем проведения теста, включающего 20 задач. Примем, что характеристикой учащегося (признаком) является число правильно решенных им задач. Результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до и после эксперимента приведены в таблице, строки которой соответствуют членам групп (отдельным учащимся).

Результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до и после эксперимента

Контрольная группа (число правильно решенных задач до начала эксперимента)	Экспериментальная группа (число правильно решенных задач до начала эксперимента)	Контрольная группа (число правильно решенных задач после окончания эксперимента)	Экспериментальная группа (число правильно решенных задач после окончания эксперимента)
15	12	16	15
13	11	12	18
11	15	14	12
18	17	17	20
10	18	11	16
8	6	9	11
20	8	15	13
7	10	8	7
8	16	6	14
12	12	13	17
15	15	17	19
16	14	19	16
13	19	15	12
14	13	11	15
14	19	9	19
19	12	19	18
7	11	8	14
8	16	6	13
11	12	9	18
12	8	12	13
15	13	11	13
16	7	17	15
13	15	10	18
5	8	8	9
11	9	8	14
19	–	20	–
18	–	19	–
9	–	6	–
6	–	14	–
15	–	10	–



Порядковая шкала. Если использовалась порядковая шкала (шкала рангов) с L градациям (например, в пятибалльной школьной шкале $L = 5$), то будем считать, что $\{x_i\}$ и $\{y_j\}$ – натуральные числа, принимающие одно из L значений. Для простоты можно считать, что множество значений (баллов) есть множество чисел от единицы до L . Тогда характеристикой группы будет число ее членов, набравших заданный балл. То есть, для экспериментальной группы вектор баллов есть

$$n = (n_1, n_2, \dots, n_L),$$

где n_k – число членов экспериментальной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Для контрольной группы вектор баллов есть

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_L),$$

где m_k – число членов контрольной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Очевидно, что

$$n_1 + n_2 + \dots + n_L = N, \quad m_1 + m_2 + \dots + m_L = M.$$

Пусть в рассматриваемом примере (в котором $N = 25$, $M = 30$) выделены три уровня знаний ($L = 3$): низкий (число решенных задач меньше либо равно 10), средний (число решенных задач строго больше 10, но меньше либо равно 15) и высокий (число решенных задач строго больше 15).

Переход от шкалы отношений к порядковой шкале

Уровень знаний	Максимальное число правильно решенных задач
Низкий	10
Средний	15
Высокий	20

Результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до и после эксперимента

Уровень знаний	Контрольная группа до начала эксперимента (чел.)	Экспериментальная группа до начала эксперимента (чел.)	Контрольная группа после окончания эксперимента (чел.)	Экспериментальная группа после окончания эксперимента (чел.)
Низкий	9	7	12	2
Средний	14	12	10	13
Высокий	7	6	8	10

ЭТАПЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Э Т А П	<i>Описание данных</i>	<i>Изучение сходства/ различий</i>	<i>Исследование зависимостей</i>	<i>Снижение размерности</i>	<i>Классификация и прогноз</i>
М Е Т О Д Ы	- описательная статистика, - определение необходимого объема выборки.	Статистические критерии: Крамера-Уэлча, Вилкоксона- Манна-Уитни, χ^2 , Фишера.	- корреляционный анализ, - дисперсионный анализ, - регрессионный анализ.	- факторный анализ, - метод главных компонент.	- дискриминантный анализ, - кластерный анализ, - группировка.



Для результатов измерений в шкале отношений показатели описательной статистики можно разбить на несколько групп:

- *показатели положения* описывают положение экспериментальных данных на числовой оси. Примеры таких данных – *максимальный и минимальный элементы выборки, среднее значение, медиана, мода* и др.;
- *показатели разброса* описывают степень разброса данных относительно своего центра (среднего значения). К ним относятся: *выборочная дисперсия, разность между минимальным и максимальным элементами (размах, интервал выборки)* и др.
- *показатели асимметрии*: положение медианы относительно среднего и др.
- *гистограмма* и др.

Среднее арифметическое \bar{x} выборки $\{x_i\}_{i=1...N}$ (выборочное среднее) рассчитывается следующим образом:

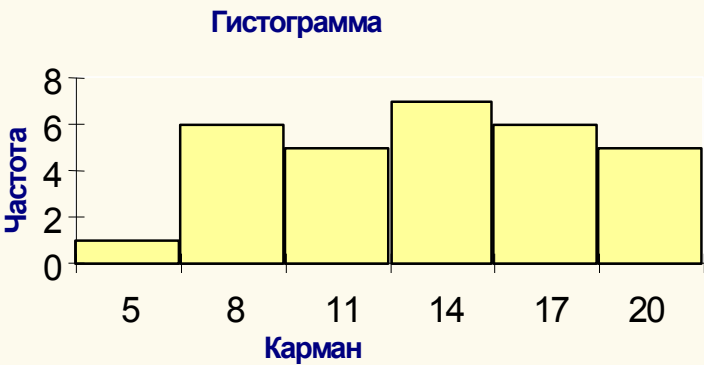
$$(1) \bar{x} = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{n-1} + x_n) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i ,$$

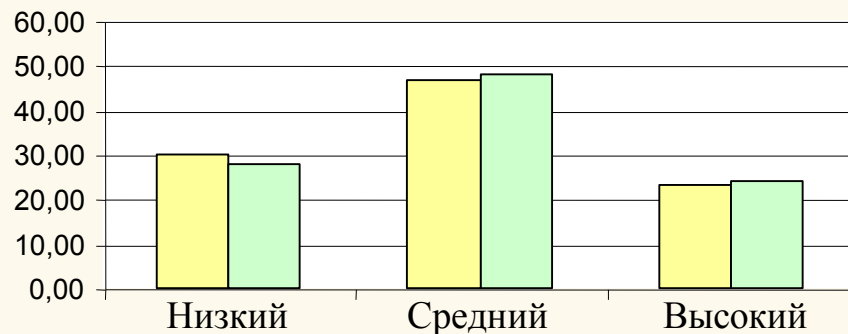
а выборочная дисперсия D_x :

$$(2) D_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 .$$

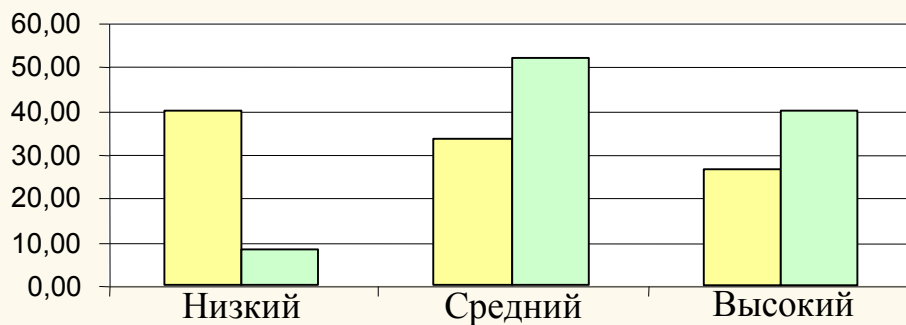
Описательная статистика числа правильно решенных задач в контрольной группе до начала эксперимента

Среднее	12,6
Медиана	13
Мода	15
Стандартное отклонение	4,16
Дисперсия выборки	17,28
Экссесс	-0,89
Асимметричность	-0,03
Интервал (размах)	15
Минимум	5
Максимум	20
Сумма	378
Счет (объем выборки)	30





- Контрольная группа до начала эксперимента (%)
- Экспериментальная группа до начала эксперимента (%)



- Контрольная группа после окончания эксперимента (%)
- Экспериментальная группа после окончания эксперимента (%)

Типовой задачей анализа данных в педагогических исследованиях является установление совпадений или различий характеристик экспериментальной и контрольной группы. Для этого формулируются *статистические гипотезы*:

- гипотеза об отсутствии различий (так называемая *нулевая гипотеза*);
- гипотеза о значимости различий (так называемая *альтернативная гипотеза*).

Для принятия решений о том, какую из гипотез (нулевую или альтернативную) следует принять, используют решающие правила – *статистические критерии*. То есть, на основании информации о результатах наблюдений (характеристиках членов экспериментальной и контрольной группы) вычисляется число, называемое *эмпирическим значением* критерия. Это число сравнивается с известным (например, заданным таблично) эталонным числом, называемым *критическим значением* критерия.

Критические значения приводятся, как правило, для нескольких *уровней значимости*. Уровнем значимости называется вероятность ошибки, заключающейся в отклонении (не принятии) нулевой гипотезы, то есть вероятность того, что различия сочтены существенными, а они на самом деле случайны. Обычно используют уровни значимости (обозначаемые α), равные 0,05, 0,01 и 0,001. В педагогических исследованиях обычно ограничиваются значением 0,05, то есть, грубо говоря, допускается не более чем 5 % возможность ошибки.

Если полученное исследователем эмпирическое значение критерия оказывается меньше или равно критическому, то принимается нулевая гипотеза – считается, что на заданном уровне значимости (то есть при том значении α , для которого рассчитано критическое значение критерия) характеристики экспериментальной и контрольной групп совпадают. В противном случае, если эмпирическое значение критерия оказывается строго больше критического, то нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза – характеристики экспериментальной и контрольной группы считаются различными с достоверностью различий $1 - \alpha$. Например, если $\alpha = 0,05$ и принята альтернативная гипотеза, то *достоверность различий* равна 0,95 или 95%.

Другими словами, чем меньше эмпирическое значение критерия (чем левее оно находится от критического значения), тем больше степень совпадения характеристик сравниваемых объектов. И наоборот, чем больше эмпирическое значение критерия (чем правее оно находится от критического значения), тем сильнее различаются характеристики сравниваемых объектов.

Критерий Крамера-Уэлча. Эмпирическое значение данного критерия рассчитывается на основании информации об объемах N и M выборок x и y , выборочных средних \bar{x} и \bar{y} и выборочных дисперсиях D_x и D_y сравниваемых выборок по следующей формуле:

$$(3) T_{эм} = \frac{\sqrt{M \cdot N} |\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{M \cdot D_x + N \cdot D_y}}.$$

Алгоритм определения достоверности совпадений и различий характеристик сравниваемых выборок для экспериментальных данных, измеренных в шкале отношений, с помощью критерия Крамера-Уэлча заключается в следующем:

1. Вычислить для сравниваемых выборок $T_{эм}$ – эмпирическое значение критерия Крамера-Уэлча по формуле (3).
2. Сравнить это значение с критическим значением $T_{0,05} = 1,96$: если $T_{эм} \leq 1,96$, то сделать вывод: "характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0,05"; если $T_{эм} > 1,96$, то сделать вывод "достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%".

В качестве примера применим алгоритм для нашего примера. Для этого сравним сначала числа правильно решенных задач в контрольной и экспериментальной группе до начала эксперимента. Вычисляем по формуле (3) значение $T_{эм} = 0,04 \leq 1,96$. Следовательно гипотеза о совпадении характеристик контрольной и экспериментальной групп до начала эксперимента принимается на уровне значимости 0,05.

Теперь сравним характеристики контрольной и экспериментальной групп после окончания эксперимента. Вычисляем по формуле (3) значение $T_{эм} = 2,42 > 1,96$. Следовательно, достоверность различий характеристик контрольной и экспериментальной групп после окончания эксперимента составляет 95 %.

Итак, начальные (до начала эксперимента) состояния экспериментальной и контрольной групп совпадают, а конечные (после окончания эксперимента) – различаются. Следовательно, можно сделать вывод, что эффект изменений обусловлен именно применением экспериментальной методики обучения.

Мы не рассматриваем вопросы:

- 1) Как организовать эксперимент и обеспечить контролируемость всех условий, а также одинаковость всех условий, кроме целенаправленно изменяемых;
- 2) “В какую сторону” экспериментальная группа отличается от контрольной, то есть, улучшились или ухудшились (с содержательной точки зрения, не имеющей отношения к статистическим методам и являющейся прерогативой педагогики) исследуемые характеристики.

Шкала измерений	Статистический критерий
Отношений	Крамера-Уэлча, Вилкоксона-Манна-Уитни
Порядковая	Вилкоксона-Манна-Уитни, χ^2
Номинальная	χ^2
Дихотомическая	Фишера

Компьютерные программы:

- PedStat;
- StatGraphics;
- Statistica;
- SPSS;
- и др.

Общий алгоритм использования статистических критериев: до начала и после окончания эксперимента на основании информации о результатах наблюдений (характеристиках членов экспериментальной и контрольной группы) вычисляется эмпирическое значение критерия. Это число сравнивается с известным (табличным) числом – критическим значением критерия. Если эмпирическое значение критерия оказывается меньше или равно критическому, то можно утверждать, что **«характеристики экспериментальной и контрольной групп совпадают на уровне значимости 0,05 по статистическому критерию ...»** (далее следует название использованного критерия: Крамера-Уэлча, Вилкоксона-Манна-Уитни, хи-квадрат, Фишера)». В противном случае (если эмпирическое значение критерия оказывается строго больше критического) можно утверждать, что **«достоверность различий характеристик экспериментальной и контрольной групп по статистическому критерию ... равна 95%»**.

Следовательно, если характеристики экспериментальной и контрольной групп до начала эксперимента совпадают с уровнем значимости 0,05, и, одновременно с этим, достоверность различий характеристик экспериментальной и контрольной групп после эксперимента равна 95%, то можно сделать вывод, что **«применение рассматриваемого экспериментального воздействия приводит к статистически значимым (на уровне 95% по критерию ...) отличиям результатов»**.



Педагогическая статистика - C:\Program Files\PedStat\Пример дихотомической шкалы.psf

Файл Правка Справка

Шкала: **Порядковая** Критерий: **<<< Автоопределение >>>**

Метод ввода данных: ☒ индивидуальные данные ☐ Суммарные данные

☒ Индивидуальные данные ☒ Суммарные данные

	Контрольная группа до начала эксперимента	Контрольная группа после окончания эксперимента	Экспериментальная группа до начала эксперимента	Экспериментальная группа после окончания эксперимента
Контрольная группа до начала эксперимента	-	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.8139, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.1628, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	Эмпирическое значение критерия Фишера 2.1631, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%
Контрольная группа после окончания эксперимента	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.8139, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	-	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.9388, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	Эмпирическое значение критерия Фишера 2.9391, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%
Экспериментальная группа до начала эксперимента	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.1628, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	Эмпирическое значение критерия Фишера 0.9388, критическое 1.6449. Характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0.05	-	Эмпирическое значение критерия Фишера 1.9151, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%
Экспериментальная группа после окончания эксперимента	Эмпирическое значение критерия Фишера 2.1631, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%	Эмпирическое значение критерия Фишера 2.9391, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%	Эмпирическое значение критерия Фишера 1.9151, критическое 1.6449. Достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95%	-



- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях. М.: ЮНИТИ, 2001. – 270 с.
- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
- Кыверялг А.А. Методы исследований в профессиональной педагогике. Таллин: Валгус, 1980. – 334 с.
- Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
- Новиков Д.А., Новочадов В.В. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи). Волгоград: Издательство ВолГМУ, 2005. – 84 с.
- Орлов А.И. Эконометрика. М.: Экзамен, 2004 (3-е изд.). – 576 с.
- Суппес П., Зинес Д. Основы теории измерений / Психологические измерения. М.: Мир, 1967. С. 9 – 110.
- Пфанцагль И. Теория измерений. М.: Мир, 1976. – 248 с.
- Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.

Электронная библиотека www.mtas.ru.