ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 37.032

ББК 74.00

Диагностика и прогноз самоуправления подростка¹

Сибирева Анна Рудольфовна,

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия

Гумирова Вероника Павловна,

учитель математики Лицея при УлГТУ, магистр кафедры высшей математики, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия

Аннотация. В статье предлагается методика диагностики и прогноза процесса самоуправления подростка, построенная на основе соответствующей математической модели. В работе кратко представлены математическая идеализация процесса самоуправления подростка; математическая модель в терминах дифференциальных уравнений, в которой учтены зависимость самоуправления от наличия или отсутствия внутренней мотивации на самоуправление, от притока или оттока ресурсов; рассматривается режим постепенного уменьшения педагогического влияния. Выводы, полученные при исследовании качественного поведения модели, согласуются с эмпирическими наблюдениями за поведением подростков. В статье описан педагогический эксперимент по диагностике уровня самоуправления подростков; произведено статистическое сравнение экспериментальных и «модельных» данных; предлагается новый способ обработки экспериментальных данных, основанный на результатах исследования качественного поведения модели, позволяющего, в отличие от существующих методик, прогнозировать дальнейшее развитие процесса самоуправления подростка.

Ключевые слова: математическое моделирование педагогических процессов, подростковый возраст, психология подросткового возраста, самоуправление подростка, влияние родителей, педагогическое влияние, математическая модель.

Diagnosis and Prognosis of Adolescent Self-management

Sibireva Anna R.,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov, Ulyanovsk, Russia

1. Статья написана по результатам исследования, поддержанного РФФИ, проект № 16-06-00150.

Gumirova Veronika P.,

*Mathematics Teacher, Lyceum (Ulyanovsk State Technical University), Master's Student,
Department of High Mathematics, Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N.
Ulyanov, Ulyanovsk, Russia*

Abstract. The article proposes a method for diagnosing and predicting the process of self-management of a teenager, built on the basis of an appropriate mathematical model. The article briefly presents a mathematical idealization of the process of self-management of a teenager, a mathematical model in terms of differential equations, which consider the dependence of self-management on the presence or absence of intrinsic motivation for self-management, on the inflow or outflow of resources. It also considers the mode of gradual reduction of pedagogical influence. The conclusions about the qualitative behavior of the model are consistent with empirical observations of the adolescent behaviour. The article describes a pedagogical experiment in diagnosing the level of adolescent self-management, and a statistical comparison of experimental and "model" data. A new method of processing experimental data is proposed, it is based on the results of a study of the qualitative behaviour of the model, which makes it possible, in contrast to existing methods, to predict the further development of the process of adolescent self-management.

Keywords: mathematical modeling of pedagogical processes, adolescence, psychology of adolescence, adolescent self-management, influence of parents, pedagogical influence, mathematical model.

Введение. В настоящее время происходит процесс математизации социологических, педагогических, психологических наук, которые ранее считались далекими от математики. Инструментарий для этого дает синергетика – междисциплинарная методология, позволяющая строить модели сложных открытых систем произвольной природы на языке дифференциальных уравнений [Капица, Курдюмов, Малинецкий 2003; Солодова 2003 и другие]. «Грубые» модели, учитывающие малое число параметров, удивительно точно описывают качественное поведение сложных систем.

Примеры математических моделей в терминах дифференциальных уравнений таких сложных явлений, как «любовь», «возникновение лидерства в группах», «подлиза», «назойливый друг», «возникновение чувств» и др. приведены в книге В. П. Милованова «Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация» [Милованов 2001]. В книге В. И. Жегалова и С. Н. Киясова «Приложение обыкновенных дифференциальных уравнений» исследуются модели обмена информацией: «научный коллектив со структурой солнце», «учитель – ученик», «благоприятное сотрудничество» и др. [Жегалов 2007]. Математическая модель «управление вниманием» и «математическое определение воли» предложены в работе А. В. Гласко и др. [Гласко 2013].

Проведенное нами исследование показало, что математическое моделирование педагогических процессов по-прежнему остается актуальной задачей современной науки, решение которой будет способствовать появлению новых педагогических технологий [Ительсон 1964; Киселева 2013; Киселева, Сенькина, Емельченков 2007; Богатырев 2018; Дахин 2005; Лодатко 2010; Солодова, Антонов 2005].

В данной статье приводится математическая модель самоорганизации и/или самоуправления подростка. В Ульяновском государственном педагогическом университете им. И.Н. Ульянова тема изучается с 2013 года [Гурьянова, Моисеева 2013].

Основания. Проблема самоуправления личности многие века не утрачивает своей актуальности. В древнем Китае и Индии зародились такие практики самоуправления, как ушу, цигун и суфизм. Великие философы Гераклит, Сократ, Марк Аврелий, Августин призывали к самопознанию и самоопределению. В эпоху Просвещения К. А. Гельвеций, И. Г. Гердер, Ж.-Ж. Руссо исповедовали взгляд на сознание (мышление и чувства) как на выражение самовоспитания и самообразования. Г. Гегель в «Философии права» рассматривает самоуправление как «переработку» себя в процессе культуры. Антропологические и гносеологические изыскания И. Канта, Л. Фейербаха, И. Фихте, Г. Спенсера, В. Дильтея, Э. Шпрингера и др. развивают понятия самоуправления, самоопределения, самопознания личности.

Самоуправление личности, в частности ребенка или подростка, исследуется в работах Л. С. Выготского, Э. Деси и Р. Райана, Ю. Куля, Н. Л. Аникеевой, А. К. Болотовой, В. Кирпичёва, Л. А. Коростылевой, Л. А. Пейсахова, Н. М. Шипиловой и др.

Л. И. Новикова определяет самоуправление как «разумно осуществляемую самими детьми деятельность, включающую постановку цели, планирование, способы реализации плана, организацию учета и контроля» [Новикова 1988: 7].

Самоуправление – это целенаправленное изменение, при котором человек ставит себе цель, самостоятельно управляет своими общением, поведением, деятельностью и переживаниями. Самоуправление – это процесс, связанный с созданием нового, встречей с противоречием, необходимостью постановки новых целей, поиском новых решений и средств достижения целей. Сознательная и волевая составляющие самоуправления позволяют согласовывать объективные требования жизни с субъективными целями на основе системы мотивов человека, его психологических свойств, способности предвидения, рефлексии, волевых качеств.

Психологи различают самоуправление и саморегуляцию [Вагапова 2010]. В своем развитии самоуправление проходит стадию кризиса (формирования целевой программы) и гомеостаза (следования целям). Переходя к саморегулированию в рамках заданных правил, норм и стереотипов, человек воплощает замысел, идею в жизнь. Саморегуляция – компонент самоуправления, заключающийся в изменении, совершаемом в рамках осуществления программы гомеостаза, служащим ориентиром и фактором контроля собственных действий в соответствии с намеченной целью.

В данной статье объект изучения – процесс самоуправления подростка в условиях воздействия некоего «управляющего центра» (родителей или педагога). Возникновение противоречий, типичных для подросткового возраста, не срабатывающие привычные способы общения, поведения, деятельности ведут к осознанию причин неудач, к появлению внутренней мотивации на «самоуправление», к постановке цели – «формирование системы самоуправления».

Математическая модель процесса самоуправления подростка – предмет изучения. Мы рассматриваем стадию гомеостаза, когда деятельность системы направлена на поддержание уже принятых целевых установок. Рассуждения справедливы для конечного промежутка времени, на котором мы условно считаем, что внешние факторы (тип воздействия «центра» и режим поступления ресурсов), а также внутренние целевые установки неизменны. Поведение системы при этом описывается линейным дифференциальным уравнением [Гурьянова 2013]:

$$Y'(\tau) = -\varphi(\tau)Y(\tau) + bY(\tau) + \Phi, \quad Y(\tau_0) = Y_0, \quad (1)$$

где $Y(\tau)$ – самоуправление подростка, τ – время, $Y'(\tau)$ – скорость изменения – начальный уровень величины $Y(\tau)$. Коэффициент b показывает стремление подростка: при

$b > 0$ – к самоуправлению, при $b < 0$ – к зависимости, к опеке. Φ – линейное воспроизводство параметра Y за счет поступления в систему ресурсов разного рода, например, информации или финансов, $\varphi(\tau)$ – влияние родителей или учителя. Мы изучали поведение системы при разных $\varphi(\tau)$ $\Phi(\tau)$.

Рассмотрим случай, когда $\Phi = const$, функция $\varphi(\tau) = \frac{a}{t}$ ($a > 0$) описывает убывающее обратно пропорционально времени родительское управление, a характеризует интенсивность родительского влияния.

Замена переменных $t = \frac{\tau}{a}$ приведет к уравнению:

$$Y' = -\frac{1}{t} Y + bY + \Phi, \quad Y(t_0) = Y_0. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) имеет вид:

$$Y = -\frac{\Phi}{b^2} \left(b + \frac{1}{t}\right) + C e^{bt} \frac{1}{t}, \quad C = Y_0 t_0 e^{-bt_0} + \frac{\Phi}{b^2} (bt_0 + 1) e^{-bt_0} \quad (3)$$

Функция Y зависит от параметров b, Φ, C , где C линейно взаимосвязан с начальным уровнем самоуправления Y_0 (чем выше Y_0 , тем больше C). Пространство параметров (b, Φ, C) разбивается на зоны, в каждой из которых функция $Y(t)$ (3) демонстрирует качественно разное поведение [Сибирева 2014], которое отразим в Таблице 1.

Введем условные обозначения: если начальный уровень самоуправления Y_0 достаточно высок, в таблице это обозначим словом «умею», если Y_0 низок – «не умею», что будет относиться к навыкам самоуправления и соответствующим компетенциям; $b > 0$ – «хочу», $b < 0$ – «не хочу» самостоятельности, $\Phi > 0$ – «ресурсы есть», $\Phi < 0$ – «отток ресурсов». Знаки « $\nearrow$ », « $\searrow$ » означают, соответственно, возрастание и убывание функции $Y(t)$.

Таблица 1. Параметрические зоны, в которых функция $Y(t)$ демонстрирует качественно разное поведение

Зона параметров	Параметры задачи (2)	Описание состояния подростка	Поведение функции $Y(t)$	Рекомендуем поработать над
1А	$\Phi \geq cb^2, c > 0$	Ресурсов достаточно, умею, неважно, хочу или не хочу	$\nearrow$	–
1Б	$\Phi > 0, b < 0, c \leq 0$	Не хочу, не умею, ресурсы есть – деваться некуда – придется взрослеть		мотивацией, навыками самоуправления
2А	$\Phi \leq cb^2, c < 0$	Не умею, отток ресурсов, неважно, хочу или нет	$\searrow$	навыками самоуправления и привлечения ресурсов
2Б	$\Phi < 0, b < 0, c \geq 0$	Умею, но не хочу, отток ресурсов		мотивацией, навыками привлечения ресурсов
3А	$0 < \Phi < cb^2, c > 0$	Умею, ресурсы поступают, но их недостаточно, неважно, хочу или нет	$\searrow \nearrow$	навыками привлечения ресурсов
3Б	$\Phi < 0, b > 0, c > 0$	Умею, хочу, но происходит отток ресурсов		

4А	$cb^2 < \Phi < 0, c < 0$	Не умею, отток ресурсов, неважно, хочу или нет		навыками самоорганизации и привлечения ресурсов
4Б	$\Phi > 0, b > 0, c < 0$	Не умею, хочу, ресурсы есть		навыками самоорганизации

Результаты исследования поведения математической модели согласуются с эмпирическими наблюдениями за поведением подростков.

В последнем столбце Таблицы 1 даны указания на то, какой навык нуждается в проработке: формирование мотивации, направленной на самоуправление, навыки самоуправления и привлечения ресурсов, необходимые для самостоятельной деятельности (время, информация, психофизические ресурсы и т.д.).

Эксперимент. Одним из последних этапов математического моделирования является экспериментальное нахождение численных коэффициентов математической модели, проверка на практике теоретических выводов, полученных при исследовании математической модели. Для этого проведен эксперимент «Оценка уровня самоорганизации учащихся». Цель эксперимента – выявление соответствия экспериментальных оценок самоорганизации личности и данных математической модели. Гипотеза: результаты экспериментов по оценке самоорганизации личности посредством психологических диагностик связаны с теоретическими результатами построенной математической модели.

Нами использовалась «Методика оценки самоорганизации деятельности, психодиагностика управления временем (ОСД)» [Мандрикова 2010]. Согласно данной методике, самоуправление, ассоциированное с грамотным управлением временем, описывается с помощью следующих шкал (факторов): «плановность, целеустремленность, настойчивость, фиксация на структурировании деятельности, самоорганизация при помощи внешних средств, ориентация на настоящее» [Мандрикова 2010]. Анкета состоит из 25 вопросов, которые оцениваются от 1 до 7 баллов. Общий интегративный результат вычисляется как линейная комбинация баллов с заданными весовыми коэффициентами. Предложены весовые коэффициенты, промежутки, отвечающие высоким, средним, низким показателям, трактовка результатов.

Нами также использовалась методика Ю. А. Алешиной и др. «Самоактуализационный тест (САТ)» [Алешина 2009] – адаптация теста Э. Шострома. САТ позволяет определить самоактуализацию, измеряемую в баллах по нескольким шкалам: X_1 – компетентность во времени, X_2 – поддержка, X_3 – ценностная ориентация, X_4 – гибкость поведения, X_5 – сензитивность к себе, X_6 – спонтанность, X_7 – самоуважение, X_8 – самопринятие, X_9 – принятие агрессии, X_{10} – контактность, X_{11} – познавательные потребности, X_{12} – креативность. Анкета состоит из 126 пунктов. Методика САТ позволяет получить численные показатели по каждой шкале и их интерпретировать.

В ходе эксперимента проведено анкетирование 40 учащихся 11 классов Лицея при УлГТУ г. Ульяновска по методикам ОСД и САТ.

Возникает вопрос о взаимосвязи и взаимозависимости результатов методик САТ и ОСД друг с другом и с результатами математического моделирования. На основе экспериментальных данных мы исследовали корреляционные связи между шкалами методик САТ и ОСД: каждая с каждой. Коэффициенты корреляции 0,05–0,3, что свидетельствует о том, что показатели шкал независимы друг от друга.

Многомерный корреляционный анализ показал сильную взаимосвязь итогового результата Y методики ОСД и параметров ($X_1, X_2, \dots, X_{12}$) методики САТ (коэффициент

корреляции 0,94). Найдена линейная зависимость между рассмотренными величинами, выраженная формулой:

$$Y = 1.22 X_1 - 0.7 X_2 - 0.1 X_3 - 0.2 X_4 + 0.99 X_5 + 0.28 X_6 + 0.65 X_7 - 0.018 X_8 - 0.02 X_9 - 0.1 X_{10} - 0.39 X_{11} + 0.19 X_{12} \quad (4)$$

Весовые коэффициенты в формуле (4) характеризуют вклад компонент X_k в результат Y . Наибольший вклад вносят X_1 – ориентация во времени; X_5 – сензитивность к себе, характеризующая, насколько адекватно человек ощущает, рефлексировывает и соизмеряет свои потребности и чувства; X_7 – самоуважение. Наибольший вклад с отрицательным коэффициентом, влияющий на уменьшение результата Y , вносит X_2 – поддержка, трактуемая в дальнейшем как результат влияния управляющей стороны.

Итак, методики САТ и ОСД имеют разные вопросы, оперируют с разными наборами шкал, характеризующих самоуправление, их шкалы независимы. Но, несмотря на это, между результатами методик прослеживается сильная зависимость, т.е. методики взаимозаменяемы. Коэффициенты формулы (4) можно использовать как весовые коэффициенты при обработке результатов методики САТ для получения интегративного итогового параметра (методика САТ этого не предполагала). При этом будет получен численный результат, близкий к результату методики ОСД.

Соотнесем параметры математической модели со шкалами методик ОСД и САТ: b – со шкалой целеустремленности (ОСД), указывающей на способность личности сконцентрироваться на собственной цели, $\varphi(t) = 100 - p$, где p – параметр шкалы поддержки (САТ), измеряющий степень независимости ценностей и поведения субъекта от воздействия извне, Φ – со шкалой самоорганизации посредством внешних средств (ОСД).

Отметим, что параметр p в методике САТ характеризует независимость субъекта от внешних воздействий, $(100 - p)$ – зависимость, причем не столько силу воздействия, сколько субъективную реакцию на это воздействие. Параметр Φ в методике ОСД описывает привлечение внешних средств при рациональном использовании времени как ресурса. В рассматриваемой математической модели понятие «ресурсы» понимается шире (время, информация, финансы, технические средства, психофизические ресурсы и т.д.), но так как в используемых методиках такой параметр не представлен, пришлось в эксперименте довольствоваться сужением понятия «ресурсы».

Положим, $t_0 = 0.000001$, $t = 1/\varphi(t)$. По формулам (3) для каждого респондента найдём теоретическое значение $Y_{\text{теор}}$, используя $C \approx \frac{\Phi}{b^2}$. Сравним теоретические значения $Y_{\text{теор}}$ с экспериментальными $Y_{\text{осд}}$. Корреляционный анализ показал сильную линейную зависимость (коэффициент корреляции 0,79) между экспериментальными и теоретическими данными:

$$Y_{\text{осд}} = 339 Y_{\text{теор}} + 66. \quad (5)$$

Этот результат позволяет предложить альтернативный способ обработки данных для методик САТ и ОСД. Если снимать результаты вместо 18 по 3 шкалам («целеустремленность», «самоорганизация посредством внешних средств» (методика ОСД), «поддержка» (методика САТ)) и вычислять общий результат по формуле (3), то получается значение $Y_{\text{теор}}$, которое линейно взаимосвязано (формула (5)) с результатами методики ОСД (следовательно, и САТ – формула (4)). На него переносятся общие выводы этих методик.

Математическое моделирование позволяет спрогнозировать динамику процесса самоуправления респондентов. Для этого произведем обработку численных данных каждого респондента. От параметра b отнимем среднее для мужчин и женщин, согласно

методике ОСД [Мандрикова 2010], нижнее значение нормы для соответствующей шкалы: $\tilde{b}=b-26,7$. Аналогично, $\tilde{\Phi}=\Phi-4,7$. Вычислим коэффициент $\tilde{C}$ по формуле (3), положив $t_0=1$. Ради согласования размерности, исходя из формулы (5), будем считать, что

$$Y_0=1/339(Y_{\text{ОСД}}-66).$$

По численным данным $\tilde{b}, \tilde{\Phi}, \tilde{C}$, соотнесем каждого респондента с одной из зон Таблицы 1. Эта операция позволит произвести прогноз динамики процесса самоуправления респондентов. 40% учащихся попали в зону 1А, 18% – в зону 1Б, для них прогноз – рост самоуправления. 20% оказались в зоне 2А, 15% – в зоне 2Б. Такие учащиеся требуют пристального внимания педагогов и родителей. Здесь рекомендуется педагогика взаимодействия, при которой совместными усилиями вырабатываются мотивация, направленная на самоуправление, соответствующие навыки и компетенции. В зоны 3А и 3Б попали 7% учащихся. С ними необходима работа по выработке навыков привлечения ресурсов, необходимых для самостоятельной деятельности, в частности, учебной.

Итак, предлагаемый способ обработки численных данных методики ОСД на основе математического моделирования позволяет прогнозировать динамику процесса самоуправления подростка и выработать практические рекомендации.

Заключение. Социальное моделирование – это предвидение тенденций и перспектив возможного развития социальных систем, объектов, общественных явлений, процессов на основе построения моделей. Математическое моделирование педагогических процессов – актуальная задача сегодняшнего дня, необходимая для анализа и разработки новых подходов в изучении личности.

В данной работе рассмотрена математическая модель самоуправления подростка; представлены все этапы математического моделирования: от согласования терминологии психологии, педагогики с языком математического моделирования, выявления базовых параметров, характеризующих процессы, до построения математической модели, качественного анализа ее поведения, экспериментального нахождения коэффициентов и согласования экспериментальных и теоретических результатов.

Критерием соответствия данной математической модели практике служит то, что, во-первых, качественное поведение модели согласуется с эмпирическими наблюдениями за поведением подростков, во-вторых, результаты, полученные при помощи математической модели, корреляционно взаимосвязаны с результатами эксперимента.

Математическое моделирование процесса самоуправления позволило предложить альтернативный способ обработки некоторых данных, полученных при помощи методик САТ и ОСД. А именно, мы предлагаем снимать только показатели шкал «целеустремленность» и «самоорганизация посредством внешних средств» из методики ОСД и шкалы «поддержка» из методики САТ. Это уменьшит количество вопросов, упростит методику исследования при получении того же численного результата, что и в методике ОСД. Применение результатов математического моделирования позволяет описать и прогнозировать динамику поведения системы, что недоступно при использовании статических результатов методик САТ и ОСД.

Дальнейшая работа над темой может происходить по нескольким направлениям. Во-первых, респонденты в нашем эксперименте представляли собой относительно однородную группу (учащиеся математических классов лицей). В дальнейшем необходимо расширение эксперимента на различные возрастные, социальные и другие группы опрашиваемых (не обязательно подростков). Во-вторых, планируется экспериментальное

изучение динамики самоуправления личности, сравнение экспериментальных временных рядов с теоретически предсказанными кривыми. В-третьих, мы использовали известные методики диагностики уровня самоуправления, в которых не изучалось влияние ресурсов на самоуправление. Требуется создание и апробация новых анкет, отражающих этот аспект. В-четвертых, мы рассматривали процесс «воздействия» на подростка, в то время как современная педагогика – это педагогика «взаимодействия», описываемого с помощью системы нелинейных дифференциальных уравнений [Сибирева 2015]. Система нелинейных дифференциальных уравнений позволяет предсказать кризисы, описать различные возможные траектории развития. Перспективным нам представляется и исследование нелинейных моделей.

Результаты данного исследования будут полезны педагогам и психологам для диагностики, прогноза и выработки практических рекомендаций, студентам, изучающим математику, для иллюстрации приложений дифференциальных уравнений, подросткам для самосознания и рефлексии.

Источники и литература:

1. Алешина Ю. Е., Гозман Л. Я., Загика М. В., Кроз М. В. Самоактуализационный тест (САТ). [Электронный ресурс]. // <http://www.hr-portal.ru/tool/samoaktualizacionnyy-test-sat> (дата обращения 23.07.18).
2. Богатырев А. И. Теоретические основы педагогического моделирования (сущность и эффективность). [Электронный ресурс]. // Издательский дом «Образование и наука». URL: http://www.rusnauka.com/SND/Pedagogica/2_bogatyrev%20a.i..doc.htm (дата обращения 10.07.2018).
3. Вагапова Н. А. Саморегуляция и самоуправление как базовые механизмы социальной адаптации личности. // Вестник экономики, права и социологии. 2010. № 3. С. 142 – 145.
4. Гласко А. В., Садыхова Л. Г., Вилисова Н. Т. Управление вниманием и математическое определение воли. // Наука и инновации. 2013. №8. С. 21 – 24.
5. Гурьянова А. Г., Масеева Д. Н. Математическая модель самоуправления подростка. // Материалы студенческой научно-технической конференции. Ульяновск: УлГТУ, 2013. С. 64.
6. Дахин А. Н. Педагогическое моделирование. Новосибирск: НИПКиПРО, 2005. 230 с.
7. Жегалов В. И., Киясов С. Н. Приложения обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб. пособие. Казань: Казанский университет, 2007. 120 с.
8. Ительсон Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М.: Просвещение, 1964. 248 с.
9. Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Едиториал УРСС, 2003. 288 с.
10. Киселева О. М. Использование математических методов для формализации элементов образовательного процесса. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. № 2 (февраль). С. 36 – 40. [Электронный ресурс]. // URL: <http://e-koncept.ru/2013/13032.htm> (дата обращения 10.07.2018).
11. Киселева О. М., Сенькина Г. Е., Емельченков Е. П. Методы математического моделирования в обучении: монография. Смоленск: Смол. гос ун-т, 2007. 112 с.
12. Лодатко Е. А. Моделирование педагогических систем и процессов. Славянск: СГПУ, 2010. 148 с.
13. Мандрикова Е. Ю. Разработка опросника самоорганизации деятельности (ОСД). // Психологическая диагностика. 2010. № 2. С. 59 – 83.
14. Милованов В. П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. М.: Едиториал УРСС, 2001. 264 с.
15. Новикова Л. И. Самоуправление в школьном коллективе. М.: Знание, 1988. 79 с.
16. Сибирева А. Р. Математическая модель самоуправления в социальных и педагогических системах. // Вузовская наука в современных условиях: сб. мат. 48 научно-технической конференции. Ульяновск, УлГТУ, 2014. С. 310 – 313.
17. Сибирева А. Р., Охотников В. С. Самоуправление социальной системы при взаимодействии с управляющим центром и притоке или оттоке ресурсов. // Актуальные вопросы прикладной математики и информатики: сб. науч. тр. Саранск: СВМО. 2015. С. 60 – 65.
18. Солодова Е. А. Перспективные синергетические модели в педагогике. Синергетика. Труды семинара. Том 5. Материалы круглого стола «Сложные системы: идеи, проблемы, перспективы». Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. С. 21 – 38.
19. Солодова Е. А., Антонов Ю. П. Математическое моделирование педагогических систем. // МКО. 2005. Ч. 1. С. 113 – 121. [Электронный ресурс]. // URL: <http://www.mce.su/archive/doc15483/doc.pdf> (дата обращения 10.07.2018).