

В настоящей работе проводится сравнительный анализ данных нейрофизиологической диагностики БКФМ с данными компьютерной диагностики учебной деятельности по конструированию пространственных объектов. Для компьютерной диагностики учебной деятельности использована проблемная среда «Динамические пазлы», реализованная на базе динамической информационной системы управления учебной деятельностью, в комплексе с программой обработки протоколов деятельности обучающихся решению задач по конструированию чертежа из фрагментов.

Конструирование пространственных объектов является тем видом деятельности, которым будущие инженеры самых разных специальностей должны владеть в совершенстве, так как специфика многих профессий требует хорошо развитой функции воображения и зрительного синтеза. Основная функция воображения связана с тем, что оно предоставляет нам возможность строить новые объекты в нашем сознании. Именно этот вид зрительного синтеза осуществляют инженеры, работая над новыми проектами.

Поэтому проблема диагностика способности школьников к конструированию пространственных объектов в воображении является актуальной и важной, как с точки зрения будущей профессии, так с точки зрения коррективной организации учебного процесса. Представляет также интерес анализ влияния базовых когнитивных функций (дифференцировки, распознавания, направленного внимания, скорости обработки информации, оперативной памяти) мозга (БКФМ) [8] обучающихся на процесс научения.

Научение обучающихся решению задач (проблем) осуществляется в процессе учебной деятельности. Как следует из теории научения [1] этот процесс может протекать преимущественно либо в виде мысленных манипуляций (преобразований) модели задачи, либо путем проб и ошибок. В первом случае, учебная деятельность осуществляется с опорой на внутренний контекст (используется метод наблюдения или самонаблюдение), во втором – с опорой на внешний контекст или реакции среды. Возможная недостаточность БКФМ обучающихся обуславливает, как правило, второй путь научения. Способ научения определяет протекание процесса развития структуры системы действий, позволяющей обучающемуся решать задачи. Развитие можно трактовать, как процесс снижения меры неупорядоченности, убывания энтропии, проявлением которого является снижение меры неопределенности в принятии решения при выборе действия [10].

Конструирование пространственного объекта из фрагментов осуществляется в специальной проблемной среде «Динамические пазлы», реализованной на базе динамической информационной системы управления учебной деятельностью [2, 9]. Задание состоит в сборке чертежа из 25 фрагментов.

Обучающийся может совершать три вида действий: 1 – просмотр фрагментов в специальном окне; 2 – установка выбранного фрагмента на рабочее поле; 3 – отмена установленного ранее фрагмента. Несмотря на то, что задание одно и то же, и потенциально проблемная среда одинакова для всех обучающихся, реальная проблемная среда зависит как от их поведения (учебной деятельности), так и от личности обучающегося. Это определяется тем, что поведение обучающегося является саморегулируемым и взаимосвязанным с проблемной средой и личностью обучающегося.

Если относительная частота правильных действий при i -ой попытке собрать чертеж увеличивается, то частота появления датчика «расстояния до цели» при $i+1$ -ой попытке уменьшается, и наоборот: частота появления датчика будет увеличиваться, если доля правильных действий будет уменьшаться. В процессе прохождения заданий ведется скрытое протоколирование действий обучающегося. Ведение протоколов деятельности в электронном, формализованном виде позволяет применить для качественного, количественного и статистического анализа вычислительные мощности персональных компьютеров [3]. Программа обработки протоколов обучения в проблемной среде представляет собой электронную книгу, содержащую информацию о деятельности обучающихся как в текстовом (табличном), так и в графическом представлении.

Деятельность можно рассматривать как определенный способ взаимодействия с проблемной средой. В определении деятельности выделяют, прежде всего, те аспекты, которые связаны с ее функциональной ролью. Генеральной функцией учебной деятельности является продуцирование обучающимся новой информации, необходимой для поиска решений задач или проблем. Деятельности отводится опосредующая роль между внешними и внутренними условиями.

Единицей деятельности является действие. Согласно работе [4] «В деятельности выделяют ее внутреннюю структуру, или строение, где действие выступает как единица деятельности, ее клеточка, а операции – суть, способы реализации действия. Действие как морфологическая единица деятельности может становиться самостоятельной деятельностью и наоборот, превращаться в операцию».

Как указывал Рубинштейн С. Л. [5]: «...структура деятельности человека, есть внешнее проявления структуры мыслительной деятельности, ее психической сути. То есть структура деятельности есть отражение структуры психических процессов протекающих при этом и неразрывно связанных. Это две стороны одной медали».

В этой связи представляет интерес сопоставление структуры деятельности обучающегося (внешнее) с состоянием развития его базовых когнитивных функций мозга (внутреннее). Как уже говорилось, к таким функциям относятся: распознавание, дифференцирование, направленное внимание, объем оперативной памяти и скорость обработки информации. Проследим, какое

отражение находят психические процессы, характеризующиеся базовыми когнитивными функциями мозга, в деятельности обучающегося, осуществляющего конструирование пространственных объектов в проблемной среде.

Проведенный в ходе исследования эксперимент состоял в сопоставлении результатов психофизиологического обследования обучающихся методом когнитивных вызванных потенциалов Р300 [6] и результатов, полученных при обработке протоколов деятельности обучающихся в проблемных средах.

Вызванные потенциалы (ВП) являются индикаторами электрических процессов работы мозга, связанных с механизмами восприятия информации, ее обработки. Одной из таких методик, значительно продвинувших анализ этих процессов, является методика когнитивных вызванных потенциалов, или методика Р300. Этот вид ВП в последнее время все больше находит применение в клинической практике при оценке доклинической стадии когнитивных нарушений различного типа.

Сущность этой методики заключается в том, что выделяются не просто ответные реакции на тот или иной стимул, связанные с приходом афферентации, а анализируются эндогенные события, происходящие в мозгу, связанные с опознанием стимула, его дифференциацией, удержанием в памяти и пр. Все, что создает сущность когнитивных процессов.

Для регистрации и обработки когнитивных вызванных потенциалов использовался аппаратно-программный комплекс МВП "Нейрософт" (Иваново, Россия). Методика Р300 основывалась на подаче в случайной последовательности звуковых сигналов двух типов, отличающихся по частоте, среди которых были значимые и незначимые. Соотношение значимых стимулов и незначимых 1:3. Испытуемые выделяли значимые стимулы.

При анализе ВП учитывались следующие показатели по степени значимости: качественные изменения в характере ответа – изменение формы ответа, нестабильность при выделении и количественные показатели – латентность пика Р3, амплитуда пика Р3, латентность пика N2, амплитуда N2.

В ходе эксперимента нейрофизиологическая диагностика БКФМ была проведена в группе испытуемых из 63 человек. Средний возраст составил 16 лет. После анализа ВП были выделены три группы:

1. В группе из 36 человек, что составило 57% от числа обследованных, показатели соответствовали норме, что свидетельствует о том, что процессы опознания, дифференцировки, направленного внимания и объем оперативной памяти не страдают.
2. В группе из 15 человек, что составило 24% от числа обследованных, отмечалось нарушение процессов направленного внимания и снижении объема оперативной памяти.
3. В группе из 12 человек, что составило 19% от числа обследованных, отмечались нарушения ответа в виде удлинения пика Р3 и слабо выраженного пика N2 (снижение амплитуды, удлинение латентности N2),

что свидетельствует не только о снижении объема оперативной памяти и направленного внимания, но и о нарушении процессов опознавания и дифференцировки.

На рис. 1 представлены диаграммы обследования когнитивных вызванных потенциалов Р300 для характерных представителей первой (Обучаемый 001) и третьей (Обучаемый 002) групп. Дальнейшее рассмотрение особенностей осуществления деятельности в проблемной среде будет описано для этих обучающихся.

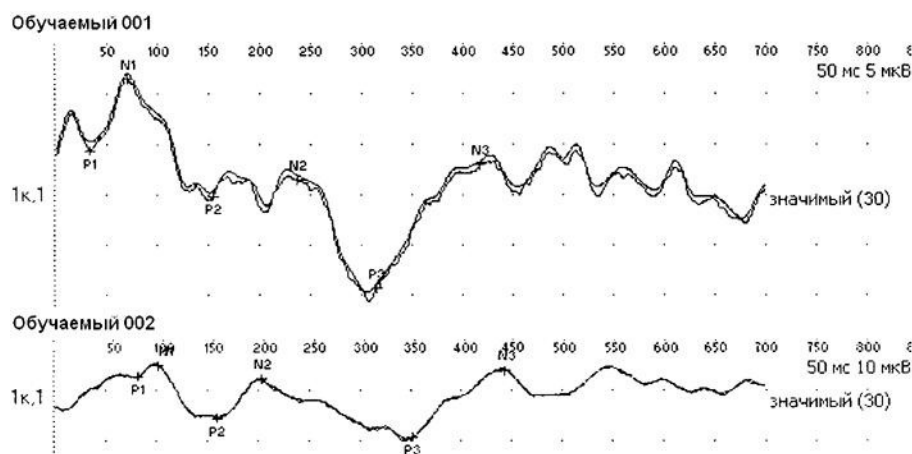


Рис. 1. Диаграммы обследования когнитивных вызванных потенциалов Р300

Как видно на приведенной иллюстрации, обучающиеся первой и третьей группы сильно отличаются по форме и характеристикам вызванных потенциалов. Проследим какие отличия имеют место в способах осуществления деятельности в проблемной среде для этих обучающихся.

Рассмотрим первое задание, используя программу обработки протоколов деятельности обучающихся [3]. Поиск решения задачи при выполнении первого задания в проблемной среде осуществляется при незамедлительном предъявлении информация о правильности или неправильности каждого действия. Однако нейрофизиологические особенности БКФМ обучающихся сказываются на характеристиках их деятельности.

Графически учебная деятельность в пазовой проблемной среде для первого выполнения задания обучающимися 001 и 002 представлена на рис. 2 функциями вознаграждения $r(t)$. Всего в компьютерном эксперименте участвовало 150 испытуемых, включая прошедших нейрофизиологическое обследование БКФМ. Функция вознаграждения $r(t)$ [7] вычисляется из обработки данных синтаксической информации о действиях обучающегося, представленной последовательностью «1» (действие правильное) и «-1» (действие неправильное):

$$r(t) = \sum_{i=1} \delta(t - t_i), \quad (1)$$

где: t_i – момент времени совершения действия;

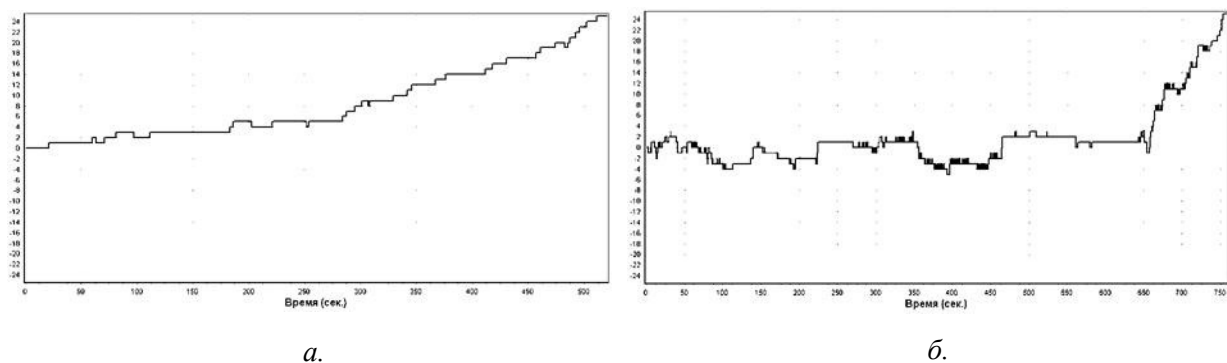


Рис. 2. Функция вознаграждения при выполнении 1-го задания в масштабе времени:
а. Обучающийся 001; б. Обучающийся 002.

Из сравнения траекторий деятельности видно, что обучающийся 002 совершает больше неправильных действий по сравнению с обучающимся 001 (см. рис.2). Сравним траектории деятельности этих обучающихся после выполнения серии заданий. В качестве примера рассмотрим траектории прохождения четвертого задания (рис. 3). Видно, что обучающийся 001 совершает действия, последовательно приводящие его к решению задачи. В отличие от него, обучающийся 002 продолжает хаотичную деятельность – энтропия высока. На основании этих данных делаем вывод, что ценность состояния обучающегося 001 выше (он не нуждается в помощи со стороны проблемной среды), чем обучающегося 002.

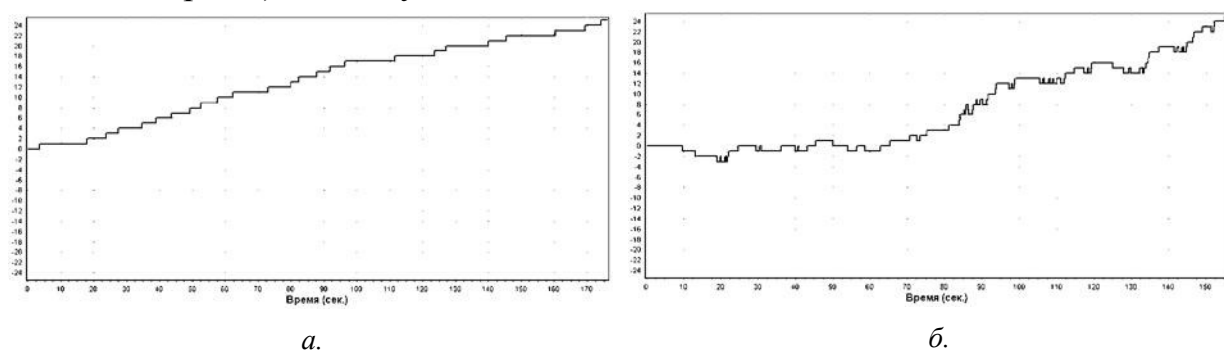


Рис.3. Функция вознаграждения при выполнении 4-го задания в масштабе времени:
а. Обучающийся 001; б. Обучающийся 002

Построим график функции ценности состояния в зависимости от количества выполненных заданий. Мерой ценности состояния обучающегося в проблемной среде является величина $I = 1 - H$, где H – энтропия деятельности. В зависимости от ее значения, проблемная среда определяет уровень деятельности (всего их 10) после выполнения каждого задания. На рис. 4 представлена уровневая траектория для обучающегося 001 и обучающегося 002, развернутая во времени. Засечки на графике обозначают выполненное задание.

В эксперименте все обучающиеся достигают десятого уровня. Но, приведенные на рис. 4, функции ценности состояния показывают, насколько разным может быть процесс научения. Обучающемуся 001 потребовалось всего

четыре задания (при выполнении пятого задания функция ценности состояния максимальна) для усвоения требуемой информации, в то время как обучающемуся 002 потребовалось выполнить восемнадцать заданий.

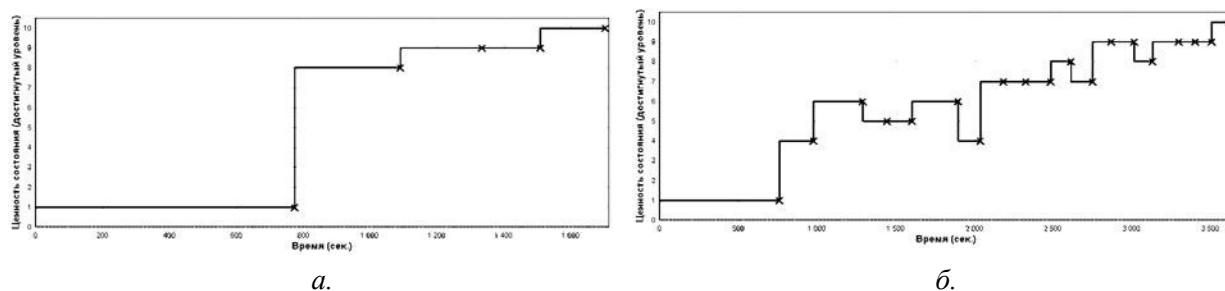


Рис. 4 Функция ценности состояния в масштабе времени:
а. Обучающегося 001; б. Обучающегося 002.

Различным обучающимся требуется разное количество повторений выполнения заданий, чтобы они начали решать задачи безошибочно. Назовем эту величину динамическим порогом, и будем считать, что после его прохождения обучающийся усвоил всю информацию, необходимую для решения задачи в проблемной среде и функция ценности его состояния достигла максимума (уровень 10). На десятом уровне проблемной средой не оказывается ни какой помощи и некоторые обучающиеся начинают совершать ошибки. В этом случае проблемной средой определяется более низкий уровень ценности состояния. Значением динамического порога будет номер последнего задания, выполненного безошибочно на десятом уровне. Для обучающегося 001 он равен пяти, а для обучающегося 002 – девятнадцати.

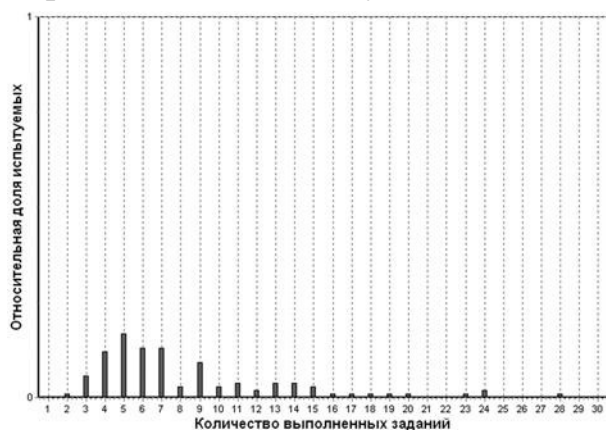


Рис. 5 Распределение обучающихся по значению динамического порога.

На рис.5 приведено распределение обучающихся (размер выборки равен $k = 150$ по значению динамического порога. Видно, что у основной массы обучающихся динамический порог лежит в диапазоне от четырех до семи заданий. На выполнение заданий различными обучающимися было затрачено различное количество времени. При этом некоторым обучающимся при выполнении большего количества заданий требовалось меньше времени, чем

другим на выполнение меньшего количества заданий. Рассмотрим скорость обучения или обучаемость в двух ее проявлениях: по отношению к количеству выполненных заданий и к затраченному времени:

$$v_t = \frac{\Delta I}{\Delta T}, \quad v_n = \frac{\Delta I}{N}, \quad (2)$$

где: ΔI – количество усвоенной информации (для приведенной проблемной среды условно примем $\Delta I = 25$ бит); ΔT – время, затраченное на прохождение заданий; N – значение динамического порога. На рис. 6 представлена диаграмма рассеяния обучающихся в пространстве скоростей $\tilde{v}_{t_1}$ и $\tilde{v}_{n_1}$ по результатам выполнения первого задания, нормированных на средние значения: $\tilde{v}_{n_1}$ и $\tilde{v}_{t_1}$.

Визуальный анализ приведенной на рис. 6 диаграммы позволяет предположить, что корреляция параметров $\tilde{v}_{n_1}$ и $\tilde{v}_{t_1}$ неоднородна. В группе обучающихся с минимальным и средним значением $\tilde{v}_{n_1}$ показатели $\tilde{v}_{n_1}$ и $\tilde{v}_{t_1}$ положительно связаны между собой: в среднем, чем выше $\tilde{v}_{n_1}$, тем выше $\tilde{v}_{t_1}$. Но в группе обучающихся с высокими значениями $\tilde{v}_{n_1}$ связь между этими показателями заметно ниже, поскольку высокий уровень $\tilde{v}_{n_1}$ характеризуется широким размахом значений $\tilde{v}_{t_1}$. Определим значения коэффициента корреляции для этих групп:

$r_B = 0,473$ для первой группы;

$r_B = 0,245$ для второй группы.

Иными словами, низкая информационная продуктивность деятельности при выполнении задания обуславливает потребность в дополнительном времени на обдумывание действий. Но высокий уровень $\tilde{v}_{n_1}$ не гарантирует высоких показателей $\tilde{v}_{t_1}$. Добавим, что, как видно на приведенной диаграмме (рис. 6), наивысшие показатели обучаемости по времени, тем не менее, демонстрируют обучающиеся с максимальным значением $\tilde{v}_{n_1}$.

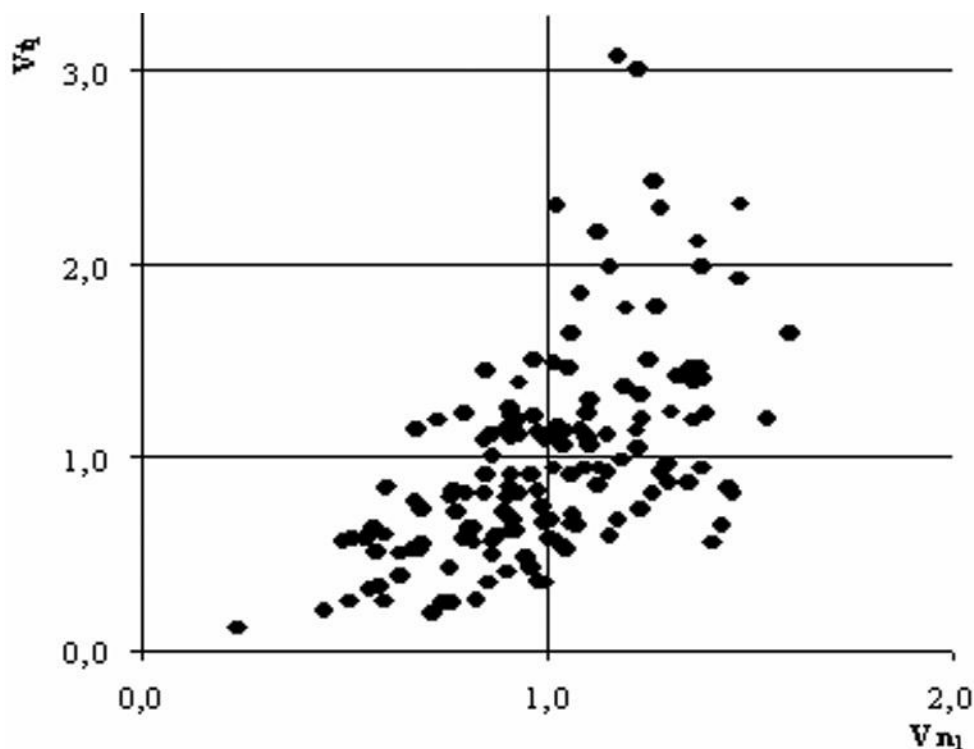


Рис.6. Диаграмма рассеяния обучающихся в пространстве скоростей при выполнении первого задания.

Рассмотрев особенности осуществления деятельности в проблемной среде для двух представителей полярных групп, отметим количественные различия обобщенно по каждой из трех групп. В таблице 1, представленной ниже, обучающиеся разделены по группам в соответствии с результатами нейрофизиологического обследования базовых когнитивных функций мозга методом вызванных потенциалов Р300 (см. выше).

В таблице 1 приведены обобщенные данные, иллюстрирующие различия в показателях осуществления учебной деятельности обучающимися с разным уровнем развития базовых когнитивных функций мозга. Видно, что обучающимся с нарушенными функциями необходимо в два раза больше заданий (повторений одной и той же деятельности), чем тем, у кого функции мозга не страдают.

Такое различие сказывается и на количество затраченного времени для достижения безошибочной деятельности. Среднее время, потраченное на научение конструированию пространственных объектов в проблемной среде для обучающихся трех описанных выше групп приведено в четвертом столбце таблицы 1.

Таблица 1

	Доля обучающихся, (%)	Среднее значение динамического порога, (заданий)	Среднее время, затраченное на обучение, (мин.)	Среднее время принятия решения, (сек.)
Группа 1	57	7	29	3,6
Группа 2	24	9	36	4,2
Группа 3	19	14	45	2,9

Интерес представляет среднее время, затраченное на совершение каждого действия связанного с установкой или отменой фрагментов. Именно эта деятельность составляет основу конструирования пространственных объектов в рассматриваемых проблемных средах. Пятый столбец таблицы 1 иллюстрирует отличия обучающихся в осуществлении деятельности по этому параметру. Обучающиеся третьей группы совершают действия с наименьшим интервалом. Это говорит о том, что функциональная недостаточность процессов опознавания и дифференцировки в совокупности со снижением объема оперативной памяти и направленного внимания не позволяют им конструировать требуемое изображение «в голове». Для компенсации такого рассогласования возникает потребность скорее перенести фрагмент на рабочее поле и, исходя из фактической ситуации, выбрать необходимое действие.

Обучающиеся второй группы нормально опознают и дифференцируют предлагаемые фрагменты изображения, но дисфункция процессов направленного внимания и снижение объема оперативной памяти требуют дополнительного ресурса времени для принятия решения о совершении действия.

Таким образом, сравнительный анализ данных нейрофизиологической диагностики БКФМ с данными компьютерной диагностики учебной деятельности обучающихся в проблемных средах, пооперационно сохраненной в протоколах прохождения заданий, выявил, что: БКФМ оказывают существенное влияние на познавательные процессы обучающихся; одной из причин возникающих проблем в обучении студентов является недостаточный уровень развития БКФМ; результаты компьютерной диагностики учебной деятельности позволяют делать предварительные выводы об уровне развития базовых когнитивных функциях мозга обучающихся.

Практическая значимость такой диагностики заключается в создании компьютерных систем первичной диагностики пространственного воображения, которые позволяют: во-первых, решать проблему профессиональной ориентации школьников старших классов, так как способность к конструированию пространственных объектов в воображении является актуальной и важной с точки зрения будущей профессии; во-вторых, давать рекомендации для индивидуализированного обучения; в-третьих, в случае обнаружения недостаточной обучаемости направлять обучающихся на

нейрофизиологическое обследование для уточнения затруднений и определения корректирующих мероприятий.

Библиографический список

1. Хегенхан, Б. Теории научения / Б. Хегенхан, М. Олсон. - 6-е изд. - СПб.: Питер, 2004. - 474 с.: ил. - (серия "Мастера психологии").
2. Шадрин И.В. Компьютерные обучающие и диагностирующие игры на примере программы "Динамические пазлы" / Шадрин И.В. // Материалы II межрегиональной научно-практической конференции с международным участием "Открытое образование: опыт, проблемы, перспективы", - Красноярск, 2006, - С. 148-151.
3. Шадрин И.В. Инструментальный метод исследования деятельности обучающихся конструированию пространственных объектов / Шадрин И.В. // Научно-технический журнал "Системы управления и информационные технологии", № 2.2(32), 2008, - С. 308-311.
4. Зимняя И.А. Педагогическая психология: Учебное пособие. - Ростов н. Д.: Феникс, 1997. - 480 с.
5. Рубинштейн С.Л. О мышлении и путях его исследования. М., 1958.
6. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. - Таганрог, 1997. - 252 с.
7. Люгер, Дж. Искусственный интеллект (стратегия и методы решения сложных проблем) / Дж. Люгер. - 4 изд.: пер. с англ.- М.: "Вильямс", 2003. - 864 с.
8. Дьячук П.П. Диагностика динамики когнитивных стратегий поиска решения задач и когнитивных функций мозга студентов в процессе обучения / Дьячук П.П., Дроздова Л.Н. // Мат. межд. конф. Proceedings «Competences and teacher competence», Osijek, 18th – 19th April 2007. – С.168-175.
9. Дьячук П.П. Динамическая информационная система управления и диагностика обучаемости / Дьячук П.П., Шадрин И.В.// Научно-технический журнал "Информационные технологии моделирования и управления", № 2(45), 2008, - С. 229-237.
10. Дьячук П.П. Учебная деятельность как информационный процесс развития обучающегося /Дьячук П.П., Суровцев В.М. // Информатика и образование. – 2008. - №1. – С. 123-124.