ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ

ВОЙСКОВОЙ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИМЕНИ МАРШАЛА СОВЕТСКОГО СОЮЗА А.М. ВАСИЛЕВСКОГО

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕНАЖЕРА ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ**

Автор: адъюнкт 4 кафедры (управления огнем АСУ войсковой ПВО) Военной академии войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации имени Маршала Советского Союза А.М. Василевского подполковник Ходаков А.А.

Смоленск – 2014

Автор научной работы

Ходаков А.А.

«\_\_» сентября 2014 года

**1 Актуальность и проблематика научной работы**

Приоритетным направлением реформы в сфере военно-политической безопасности России является развитие и всестороннее качественное совершенствование Вооруженных Сил Российской Федерации. В качестве основного направления военно-технического обеспечения безопасности России в военной доктрине Российской Федерации предусмотрены разработка   
и производство высокоэффективных систем управления войсками и оружием.

Важнейшей проблемой в процессе управления подразделениями (соединениями) сухопутных войск, является минимизация времени, отводимого для принятия решения и дальнейшего его доведения до подчиненных подразделений. Данный показатель является основным при определении эффективности пункта управления.

Оптимальное решение в сжатые сроки способны принимать только специалисты высокого уровня, регулярно занимающиеся боевой подготовкой. Проведенные исследования показали, что при отсутствии или недостаточном количестве тренировок по управлению приобретенные навыки полностью утрачиваются соответствующими должностными лицами (ДЛ).

Анализ организации боевой подготовки развитых государств показывает, что созданию и применению тренажерных средств уделяется большое внимание. Так, командование сухопутных войск США считает, что каждый общевойсковой взвод должен работать на тренажерах не менее 20 дней в году. Кроме того, утверждена программа, получившая название "рациональная подготовка". Она предусматривает разумное сочетание: полевые выходы и занятия, учения   
с использованием тренажерных средств (ТС). Использование танковых тренажеров, на которых в настоящее время обучаются 2/3 механиков водителей Бундесвера, привело к уменьшению пробега танков на 60%, расхода боеприпасов на 25%, сокращению учебного времени на 30%.

Особое место в области разработки тренажеров за рубежом занимает создание имитационно-моделирующих комплексов (ИМК), оснащенных электронными средствами обработки информации и предназначенных для обучения командиров и штабов в ходе командно-штабных учений. Зарубежные специалисты отмечают, что наиболее эффективный путь разработки ИМК состоит в использовании модульного принципа построения, унификации основных узлов, применения одного языка программирования, стандартизации интерфейса. При этом функции, выполняемые тренажером, должны распределяться между отдельными программными модулями, которые образуют единую систему.

При создании современных тренажерных средств (ТС) основной акцент делался на разработку индивидуальных обучающих средств, при этом вопросы связанные с комплексным обучением должностных лиц (ДЛ) пунктов управления (ПУ) не рассматривались. Таким образом, возможность использования встроенных обучающих интеллектуальных систем в существующих и перспективных комплексах средств автоматизированного управления (КСАУ) не реализована.

В то же время уровень информационных технологий и технических средств позволяет создавать высокоэффективные тренажеры с интеллектуальными системами обучения (ТИСО). Это обстоятельство, наряду с повышением требований к управлению подразделениями, созданием принципиально новых сложных средств и комплексов вооруженной борьбы, постоянно возрастающими требованиями к уровню боевой подготовки офицеров ПВО СВ, продиктованными особенностями современных боевых действий, и обусловило актуальность данной работы.

**2 Цели научной работы**

Целью работы является разработка математической модели интеллектуальной системы тренажера пункта управления (ПУ).

**3 Задачи научной работы**

Задачей работы является научно-техническое обоснование содержания информационной модели тренажерного курса как составной части интеллектуальной системы тренажера КП с целью повышения эффективности подготовки ДЛ ПУ подразделениями.

**4 Научная новизна**

Научную новизну работы составляет информационная модель тренажерного курса, позволяющая вырабатывать решения по включению учебного материала в процесс подготовки ДЛ ПУ с учетом их профессиональных потребностей и взаимозаменяемости.

**5 Патентно-лицензионная ценность научной работы**

Нет.

**6 Материалы и методы исследования**

Результаты анализа моделей и технологий построения обучающих систем и ТС позволили сделать следующие выводы:

1. Существующие в войсках ТС не удовлетворяют потребностям   
   в подготовке специалистов, т.к. способны реализовать лишь до 60 % условий деятельности ДЛ ПУ.
2. ТС позволяют обеспечить подготовку ДЛ ПУ в условиях, адекватных реальным, и проведение тренировочных занятий с периодичностью, позволяющей поддерживать приобретённые навыки на требуемом уровне.
3. Для обеспечения достижения требуемого уровня подготовки ДЛ ПУ необходимо создать системы, способные приблизить условия подготовки к условиям деятельности оператора в реальной обстановке, а также обеспечить подготовку групп специалистов в полном объеме алгоритмов их совместной деятельности. Такими системами являются тренажеры ПУ.
4. Для повышения эффективности процесса подготовки квалифицированных кадров в тренажере ПУ должна быть реализована интеллектуальная система, которая будет не только определять темп обучения, но и представлять материал в той форме, которая наиболее полно согласуется с индивидуальными особенностями обучающегося.

Модель обоснования содержания тренажерного курса

Под содержанием тренажерного курса понимается набор элементов учебного материала, который необходимо хранить в памяти ЭВМ (базе знаний) для полного удовлетворения познавательных потребностей всех ДЛ.

Однако для создания и успешного функционирования такого тренажера необходима большая предварительная работа по извлечению знаний у специалистов и приданию им формы, позволяющей использовать их в ЭВМ.

По результатам работы была предложена процедура, основу которой составила методика построения, функционирования и корректировки информационной модели тренажерного курса (ИМТК).

В процессе выполнения работы было установлено, что ИМТК целесообразно представить в виде графа, изображенного на рисунке 1.

Применительно к ПУ в модели приняты следующие обозначения:

Y= {у1, у2, у3,… уm}, - множество элементов учебного материала;

S= {s1,s2,s3,…sg}, - множество функций, выполняемых ДЛ ПУ;

D= {d1,d2,d3,…dl}, - множество ДЛ ПУ;

Z= {z1,z2,z3,…zn}, - множество расчетных и информационных задач, решаемых ДЛ ПУ;

*µij* - связи между элементами учебного материала;

νij - связи между расчетными и информационными задачами;

*αij* - связи элементов учебного материала со служебными функциями;

*γij* - связи расчетных и информационных задач со служебными функциями;

*qij* - связи служебных функций с должностями, исполняемыми на занятии.

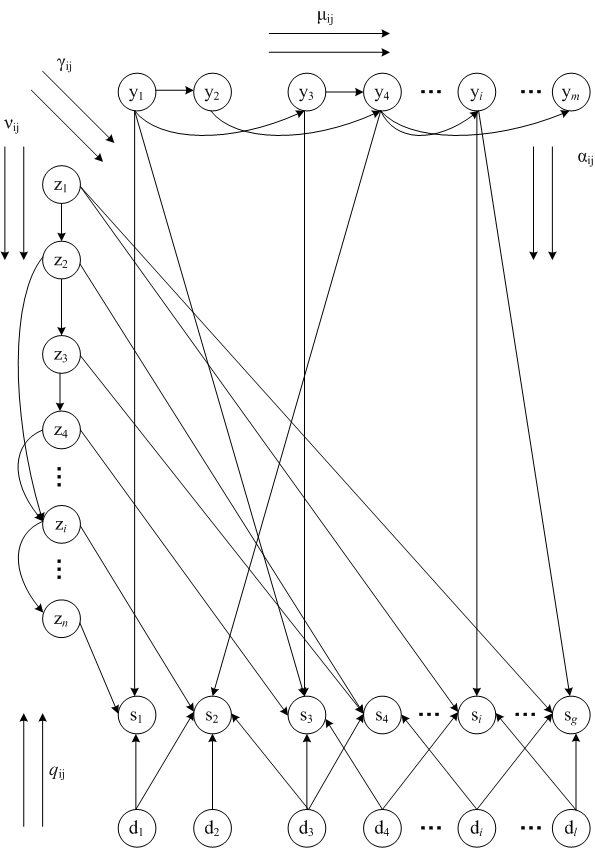


Рисунок 1 – Граф информационной модели тренажерного курса

Использование данной модели позволяет достаточно полно отразить состав ДЛ ПУ, функции данных лиц, а также объем знаний, которыми должны владеть эти специалисты для того, чтобы успешно работать на средствах КСАУ. При этом структура модели предоставляет возможность выявить как связи учебного материала с деятельностью должностных лиц подсистемы управления, так и логические зависимости между элементами базы знаний.

Возможный подход к формированию групп операторов

Пусть имеется множество М ДЛ, заданное в виде списка их порядковых номеров *M* = {1,2,...*m*}. Вся группа ДЛ характеризуется множеством N признаков (параметров) теста, т.е. *N*= {1,2,...*n*}., где *n* - число различных признаков.

Требуется объединить операторов, близких по указанным признакам   
в классы с целью последующего их использования в качестве исходных данных для классификации операторов, которая в свою очередь будет использоваться для формирования однородных групп операторов.

Алгоритм решения задачи классификации предполагает следующую последовательность. Проводится факторный анализ с использованием метода главных компонент. Результаты анализа позволяют сформировать некоррелированные факторы, определяющие вклад каждой оценки в общее различие операторов с точки зрения принимаемых решений на формирование однородных групп. Полученные оценки факторов используются как основание для классификации операторов методом кластерного анализа. В результате кластерного анализа получаются классы операторов, близкие по своим индивидуальным признакам.

Факторы F (рис. 2) построены так, чтобы наилучшим способом   
(с минимальной погрешностью) представить *X*. В этой модели «скрытые» переменные *Fi* называются общими факторами, а переменные *Ui*, специфическими факторами. Значения *αik* называются факторными нагрузками. Тогда:

Xi = *Fk*+ *Ui* .

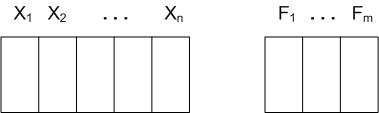


Рисунок 2 - Сжатие признакового пространства с применением факторного анализа

Обычно (хотя и не всегда) предполагается, что Xi стандартизованы, а факторы F1,F2,…, Fm независимы и не связаны со специфическими факторами *Ui*.

Предполагается также, что факторы *Fi* стандартизованы.

В этих условиях факторные нагрузки *αik* совпадают с коэффициентами корреляции между общими факторами и переменными Xi. Дисперсия Xi, раскладывается на сумму квадратов факторных нагрузок и дисперсию специфического фактора xi :

, где .

Величина  называется общностью, - специфичностью. Другими словами, общность представляет собой часть дисперсии переменных, объясненную факторами, специфичность - часть не объясненной факторами дисперсии. В соответствии с постановкой задачи, необходимо искать такие факторы, при которых суммарная общность максимальна,   
а специфичность - минимальна.

На основании данных по множеству признаков операторов проведен компонентный анализ по следующим показателям:

*X1* - среднее количество механических ошибок, допущенных при выполнении тестовой задачи;

*X2* - среднее количество ошибок принятия решения;

*X3* - среднее время решения тестовой задачи;

*X4* - максимальное время выполнения тестовой задачи;

*X5* - уровень базового образования, коэффициенты Фишберна;

*X6* - вероятность безотказной работы при стрессовых воздействиях.

Исходная информация для анализа приведена в таблице 1.

В суммарную дисперсию две первые главные компоненты вносят вклад более 99,7 %, что является более чем достаточным условием для того, чтобы

Таблица 1 - Количественные оценки признаков операторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Оператор | *M01* | *M02* | *M03* | *M04* | *M05* | *M06* | *M07* | *M08* | *M09* | *M10* |
| *X1* | 0,067 | 0,333 | 0,133 | 0.200 | 0,267 | 0,067 | 0.133 | 0.067 | 0,333 | 0.133 |
| *X2* | 0,167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 |
| *X3* | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 |
| *X4* | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 |
| *X5* | 0.200 | 0,300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0,400 | 0,100 | 0,200 | 0,300 |
| *X6* | 0.333 | 0,133 | 0.200 | 0,267 | 0.067 | 0.133 | 0.067 | 0.333 | 0.133 | 0.200 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Оператор | *M11* | *M12* | *M13* | *M14* | *M15* | *M16* | *M17* | *M18* | *M19* | *M20* |
| *X1* | 0.200 | 0,267 | 0.067 | 0,133 | 0.067 | 0,333 | 0,133 | 0.200 | 0.267 | 0.067 |
| *X2* | 0.333 | 0.500 | 0,167 | 0.333 | 0.500 | 0,167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 | 0,333 |
| *X3* | 0.300 | 0,400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0,100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 |
| *X4* | 0.100 | 0,200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0,200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 |
| *X5* | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 |
| *X6* | 0.267 | 0.067 | 0.133 | 0.067 | 0.333 | 0.133 | 0,200 | 0,267 | 0,067 | 0.133 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Оператор | *M21* | *M22* | *M23* | *M24* | *M25* | *M26* | *M27* | *M28* | *M29* | *M30* |
| *X1* | 0.133 | 0.067 | 0.333 | 0.133 | 0.200 | 0.267 | 0.067 | 0,133 | 0.067 | 0.333 |
| *X2* | 0.500 | 0.167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 | 0.333 | 0.500 | 0.167 | 0,333 | 0.500 |
| *X3* | 0.100 | 0,200 | 0.300 | 0.400 | 0,100 | 0.200 | 0,300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 |
| *X4* | 0.300 | 0,400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0,300 | 0,400 |
| *X5* | 0.200 | 0,300 | 0.400 | 0.100 | 0.200 | 0,300 | 0,400 | 0.100 | 0.200 | 0.300 |
| *X6* | 0.067 | 0.333 | 0.133 | 0.200 | 0.267 | 0.067 | 0.133 | 0.067 | 0.333 | 0.133 |

использовать их для оценочной интерпретации задачи.

На основании проведенного компонентного анализа и графического отображения объектов можно предположить существование нескольких групп операторов, в каждой из которых они объединены по каким-то общим признакам.

Методы кластерного анализа позволяют разбить изучаемую совокупность операторов на группы «схожих» операторов, называемых кластерами.

Основное содержание классификации сводится к следующему - на каждом из этапов классификации:

1. отыскивается минимальное расстояние между объектом p и объектом *q , т.е. min dij* = *dpq ,* при этом объектом на любой итерации *l* является кластер.
2. объекты p и q объединяются в один кластер *r*;
3. вычисляется расстояние между кластером *r* и объектом *S*:





где *xj* - оценка МОЖ;

*Sj* - оценка СКО;

*i* - номер строки (объекта) (*i*=*l*, т);

j - номер столбца (j=l, п).

При большой разнице объемов выборок необходимо учитывать вес этой выборки в общем объеме данных.

В результате нормирования исходная матрица заменяется нормированной матрицей Z:



На втором этапе находится расстояние между элементами:



Отсюда формируется матрица расстояний *Dl*:



Далее необходимо выбрать минимальные значения *dik .*

Третий этап определяет объединение двух элементов, расстояние между которыми самое маленькое. Проводится объединение и пересчет матрицы. Пусть min *dik* = *dpq* и пусть p<q. Объекты с номерами р и *q* объединяются в одну группу, при этом в матрице расстояний производятся следующие изменения:

*q*-я строка и *q*-й столбец вычеркиваются ;

р-я строка и р-й столбец заменяются;

для р-й строки в *l*+1 итерации



для *р*-столбца в *i*-итерации



Анализ результатов показывает, что образовалось 4 кластера, объединяющих в своем составе близкие друг другу элементы (рис. 3):



Рисунок 3 - Процесс формирования кластеров

1. Группа операторов, имеющих высокий уровень базового образования   
   и показывающих стабильные результаты.
2. Группа операторов, имеющих высокий уровень базового образования и не показывающих стабильных результатов.
3. Группа операторов, имеющих недостаточный уровень базового образования, но показывающих стабильные результаты.
4. Группа операторов, имеющих недостаточный уровень базового образования и не показывающих стабильных результатов.

Предложенная классификация показателей удобна и для проведения исследования взаимосвязи эффективности формирования групп операторов   
и регулирующих факторов, так как позволяет решить одноименную проблему   
в различных аспектах.

Таким образом, существо задачи оптимального разбиения множества   
М операторов на однородные группы заключается в том, чтобы обеспечить формирование групп, внутри которых обучающиеся ДЛ связаны между собой (по совокупности характеризующих их признаков) наиболее тесно.

Возникает необходимость отслеживать и уточнять признаки каждого обучающегося в ходе процесса боевой подготовки при работе на ПУ. При этом основными становятся признаки, отражающие успешность усвоения учебного материала.

При функционировании тренажера ПУ предложенная методика используется как по результатам первоначального тестирования, так и в ходе обучения с учетом успешности усвоения учебного материала. При этом уточняются сценарии дальнейшего обучения.

**7 Результаты, теоретическая и практическая значимость научной работы**

Теоретическая значимость работы характеризуется тем, что разработанная модель, при применении ее в интеллектуальной системе тренажера командного пункта, позволит реализовать новый подход к процессу построения автоматизированных обучающих систем и ТС для подготовки ДЛ ПУ путем внедрения в специальное программное обеспечение соответствующих программ, а также расширить возможности теории моделирования, построения, функционирования и оценки систем военного назначения.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что включение математической модели, предложенной в работе в состав специального программного и математического обеспечения тренажеров ПУ на базе компьютерных классов, позволит проводить плановые занятия по боевой работе на средствах автоматизации, как в условиях учебных центров, так и в войсках, кроме того обеспечивается фактическая оценка результатов моделирования интеллектуальной системы для подготовки ДЛ ПУ подразделениями.