**BC/NW 2021№ 1 (37):6.1**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТНЫХ КАЧЕСТВ ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ «GPSS WORLD»**

**Сёмочкина Е.В.**

*Предисловие*

Данное методическое пособие предназначено для студентов направлений образования 38.03.02 «Менеджмент», 38.03.05 «Бизнес информатика», 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и 09.03.03 «Прикладная информатика», обучающихся системному анализу и математическому и имитационному моделированию. Пособие излагает подход к анализу коневодческой и коннозаводческой деятельности на основе системного анализа и имитационного моделирования в среде «GPSS» на примере оценки скоростных качеств выращенных живых объектов.

Базовым литературным источником по системному анализу, предшествующим выполнению примеров, аналогичным описанному в данном методическом пособии, является учебное пособие Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. «Системный анализ в управлении» [1]. Для подготовки к математическому и имитационному моделированию рекомендуются учебное пособие Губарь Л.Н., Ермоленко А.В. «Теория вероятностей и математическая статистика» [2] и книга Кудрявцев Е. М. «GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем» [3].

Источники информации о живых объектах - электронные ресурсы «Сельское хозяйство - энциклопедия садовода, животновода и огородника» [4] и  [библиотека «Коневодство и коннозаводство» [5],](http://konevodstvo.su/books/%5b5%5d,) а о спортивных соревнованиях - [Галина Козорезова](https://iz.ru/author/galina-kozorezova) «Поросячьи бега» [10], сайты «Всемирные игры кочевников» [6], ВНИИ Коневодства, филиал Ростов-на-Дону [7], Российской кинологической федерации [8], ИСОС «Фрязево» («Охота и собаки») [9], «Информационно-познавательный сайт. Все что может помочь заниматься спортом», «Все стадионы мира» [12] .

Обзоры современных средств создания игр для широкого круга любителей – статьи «Собственные игровые движки: небольшое исследование» [13] и [Ивана Михайлов](https://dtf.ru/u/294354-ivan-mihaylov)а «Сборник-помощник для начинающих разработчиков игр: бесплатные программы и ассеты» [14].

В начале методики обосновывается выбор объекта анализа. Следующим шагом проводится анализ объекта как системы с помощью системного подхода. Приводится обоснование выбора закона распределения, описывающего движение живых объектов на стартовом отрезке. Таким образом, выбирается упрощенный вид математической модели старта. На ее основе и данных (хронологических и статистических) о пробегах живыми объектами 1, 2 и 3 кругов спортивного сооружения строится учебная имитационная модель скоростных соревнований живых объектов в студенческой версии среды моделирования «GPSS World».

Уточнение закона распределения, описывающего движение живых объектов на стартовом отрезке, в условиях реальных тренировок позволит получить реальную математическую модель движения на старте. Хронологические и статистические данные о реальных пробегах живых объектов позволят «запустить» реальную стохастическую имитационную модель скоростных соревнований в среде моделирования «GPSS World».

Такой подход позволяет строить модели пробега лошадей, людей, собак, поросят. Полученная модель может быть использована для игры в скоростные состязания выше указанных живых объектов.

*Введение*

Коневодство – это отрасль животноводства, в которой разводят и разнообразно применяют лошадей. Есть историко-археологические свидетельства о том, что лошадей приручили более 4 тыс. лет назад. В 1990 году на Земле насчитывалось примерно 75 миллионов голов лошадей [4].

На территории России насчитывается более 70 конных заводов, и примерно 500 коневодческих ферм. Каждому руководителю указанных выше организаций их дело важно с различных точек зрения. Во-первых, важны уникальность и состояние лошадей, во-вторых, - место, занимаемое организацией в коневодстве. В-третьих, - управляемость конезавода или фермы. Конечно, имеет большое значение и оборот финансов организации.

Факторы, характеризующие первую основу такой организации – лошадей:

- порода,

- чистокровность,

- возраст,

- здоровье,

- характер,

- скорость на бегах.

**Управляющая система – руководитель конезавода или коневодческой фермы.**

Ввиду того, что в коневодстве выделяется 5 направлений развития, руководители ставят различные цели при разведении и выращивании живых объектов (**целеполагание**) [1]:

- для использования в качестве рабочей силы;

- в качестве источника мяса, молока, шерсти, кожи;

- в качестве источника продуктов для биотехнологий и фармацевтического производства, для исцеления болезней психики, нервов взрослых и детей (иппотерапия);

- в качестве генофонда в селекции новых и в репродукции традиционных пород;

- в качестве спортсменов, которые участвуют в национальных и классических видах спорта, разнообразных сферах отдыха, развлечений.

При разведении живых объектов особенное внимание уделяется генофонду поголовья. Существует около 200 пород лошадей. Они делятся на 3 основных типа.

- Тяжеловозные лошади, например, Бельгийский тяжеловоз, Бретонская, Финская, Шварцвальдская лошадь, Першерон, Шайр и др.

- Верховые лошади, например, Голштинскую, Русскую верховую, Донскую, Орловскую и Чистокровную верховую лошадь и др.

- Упряжные лошади, например, Тинкер, Клейдесдаль, Новоалтайскую, Латвийскую упряжную и Ирландскую лошадь и др.

Руководитель конезавода или коневодческой фермы определяет количество племенных живых объектов, предусматривая финансовый резерв на приобретение новых племенных живых объектов, улучшение кормов, улучшение ухода, тренировки живых объектов, достигших возраста использования в качестве рабочей силы и спортсменов (**наличие резервов**).

**Система управления конской группой.**

Для управления этим мало послушным сообществом применяются отличный уход, сбалансированное питание, дрессировка и вакцинация, специальный корм - в случае эпидемий (**стабилизация здорового состояния во время карантина**).

При достижении живыми объектами – будущими спортсменами или рабочими лошадями определенного возраста проводятся тренировки с помощью опытных всадников, разрабатывающих оптимальный график нагрузок и отдыха (**слежение за оптимальным состоянием группы).** Перед международными состязаниями, например *Дерби, Аскотские скачки, Ирландские Дерби, Кентуккские Дерби, Кубок Мельбурна, Кубок королевы в Торонто* необходимо даже проводить подготовкупо специальной программе *(***выполнение программы**).

Руководитель конезавода или коневодческой фермы осуществляют исключение из списка участников соревнования заболевшей или непослушной командам всадника лошади (**оптимизация состояния спортивной конской группы),** а такжепринятие окончательного решения при накоплении данных о необходимости изменений в составе группы  **(функции руководства).**

**Система связи** с конской группой при разведении – конюхи и табунщики. С лошадьми, достигшими спортивного возраста – конюхи, тренеры и жокеи. С рабочими лошадьми – конюхи и всадники. **Информация передается** от руководителя конюхам, табунщикам, тренерам и жокеям на пятиминутках.

От них указание передается живым объектам через слово, повод, шенкель и прикосновение каблука обуви. Конюхи, табунщики, тренеры и жокеи передают информацию о состоянии лошадей, результатах тренировок по окончании выполнения задания (**обратная передача информации**).

**Обратная связь в системе управления.** Рост поголовья, отличное состояние здоровья, высокие результаты тренировок – обратная реакция сообщества живых объектов на принимаемые меры.

**Внешняя среда – покупатели живых объектов у конезаводов и коневодческих ферм.**

Правильно выращенные, а при необходимости и воспитанные, тренированные живые объекты востребованных пород, - хороший товар. Он приносит значительный экономический эффект, например, один конь чистокровной породы стоит более 1 000 000 руб.

Известно, что чистокровные лошади подходят для репродукции традиционных пород и скоростных состязаний. В виду их высокой ценности необходимо знать все их достоинства. Одно из достоинств – способность к бегу с высокой скоростью.

*Построение стохастической имитационной модели скоростных соревнований*

Возможно ли предварительное моделирование соревнований для адекватной оценки «золотого фонда» - чистокровных скакунов? Ниже приводится стохастическая (ввиду статистического характера данных о забегах) имитационная модель в среде моделирования  «GPSS World».

Для модели понадобятся данные о среднем времени пробега 1, 2 и 3 круга каждым скакуном на тренировках. Они фиксируются тренерами и подаются накануне испытаний в аналитический отдел.

Необходимы и данные о времени пробега начального, стартового отрезка. В этом помогут кадры фотосъемки живых объектов на некотором расстоянии от старта (например, 250 м), сделанные на тренировках. Соответствующая обработка данных позволит владельцу живых объектов всегда правильно оценивать их. Предварительное моделирование забегов является лишь прогнозом. Влияние случайности на реальных ссоревнованиях не исключит никто. Фотосъемки как стартовых, так и финишных отрезков тренировок и состязаний живых объектов удобно проводить в условиях специализированного спортивного сооружения.

Применяем принцип построения моделей «**Соответствие между требуемой точностью результатов моделирования и сложностью модели».** *Ввиду того, что модель учебная, допускаем описание интервалов времени между стартующими скакунами экспоненциальным законом распределения - в результате получаем гипотетическую модель.* Для более точного моделирования необходима проверка выбранного Exponential-распределения на практике.

**Обоснование предположения о распределении, описывающем старт, для учебной модели. Математическая модель движения на старте.**

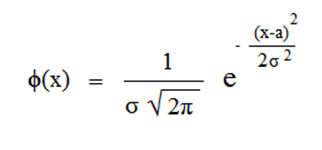
Показательная функция взята по аналогии с законом **выбора покупателями** продуктов в супермаркетах. Они берут необходимый товар в свободном для подхода к нему месте и сравнительно быстро. Скакунами руководят **люди, выбирающие** не занятые дорожки, стремясь к наиболее выгодному пути. Процесс выбора происходит гораздо быстрее благодаря более быстрому, чем шаг покупателей товаров, перемещению живых объектов.

Функция плотности распределения экспоненциального распределения [2]:

***raspred.gif***

где λ - параметр обратно-пропорциональный математическому ожиданию.

Нормальное, или гауссово распределение



где а - математическое ожидание случайной величины  
σ - среднее квадратическое отклонение. Оно симметрично относительно математического ожидания. Нормальное распределение - одно из наиболее важных и часто используемых видов непрерывных распределений.

Для старта большого количества скакунов, не проходивших специальные тренировки, на ровном поле нормальное распределение могло бы подходить. В случае проведения специальных тренировок для повышения резвости скакунов вероятен не симметричный относительно математического ожидания закон – больше скакунов «быстрых» и «меньше медленных».

Отдельно рассмотрим устройство беговых дорожек на стадионе или ипподроме [5]. Внутренний круг - короче всех остальных, а внешний – наидлиннейший. После старта перемещающиеся объекты стремятся занять наикратчайшую дорожку и передвигаться по ней быстро. В процессе соревнований вероятны разные варианты расположения участников по дорожкам, но количество их на более коротких кругах – больше. Симметричный закон распределения не подтвердится, наверняка.

Равномерный закон распределения применяют, когда известно, что разброс величин велик. Поскольку все участники соревнований стремятся пройти дистанцию быстрее, большой разброс на старте – путь к проигрышу.

Напоминаем, старт соревнований производится из специально оборудованных стартовых боксов [6]. Когда все участники займут свои места в боксах, и задние дверцы боксов будут закрыты, стартер дает команду «пошел» и одновременно открывает передние дверцы всех боксов посредством механического или электрического привода. При отсутствии боксов старт соревнований производится «с места». После третьего сигнала колокола стартёр, находящийся у линии старта, поднимает флаг. По этому сигналу участники соревнований выстраиваются по порядку стартовых номеров на расстоянии 15 м от линии старта и по команде стартёра начинают движение.

Линию на некотором расстоянии от старта (например, 250 м) участники соревнований пересекут в разный момент времени. Благодаря кадрам фотосъемки можно точнее засечь время требуемого прохождения линии движущимися объектами. Эти времена дадут сведения о законе распределения на старте.

**Создание учебной стохастической имитационной модели скоростных соревнований.**

Учебная модель создается на примере соревнования чистокровных коней беговых пород. Предположим, что функция Exponential(1,0.28,0.05) описывает закон старта скакунов в виде экспоненциального закона распределения при среднем времени отбытия лошадей 0.05 мин.

GENERATE (Exponential(1,0.28, 0.05)

1 –первый операнд – номер генератора случайных чисел;

0.28 – второй операнд – смещение, величина сдвига, определяющего месторасположение распределения (0,28 мин=16,8 с);

0.05 –третий операнд – среднее значение, если смещение равно 0 (0,05 мин=3 с).

Дистанция скачек в метрах 1 круг - 1000 м, 2 круга - 2000 м и 3 круга - 3000 м.

Статистика пробегов коней на тренировках:

с вероятностью 0.5 кони бегут 1 круг за 1,15 минуты + 0.1 минут;

с вероятностью 0.3 кони бегут 1 круг за 1,1 минуты + 0.05 минут;

с вероятностью 0.2 кони бегут 1 круг за 1,2 минуты + 0.1 минут;

с вероятностью 0.4 кони бегут 2 круг за 1.11 минуты + 0.05 минут;

с вероятностью 0.35 кони бегут 2 круг за 1.05 минуты + 0.05 минут;

с вероятностью 0.25 кони бегут 2 круг за 1.15 минуты + 0.1 минут;

с вероятностью 0.4 кони бегут 3 круг за 1.05 минуты + 0.05 минут;

с вероятностью 0.35 кони бегут 3 круг за 1.01 минуты + 0.03 минут;

с вероятностью 0.25 кони бегут 3 круг за 1.08 минуты + 0.05минут.

На рис.1 приведена принципиальная схема движения транзакта (лошади) по блокам (имитация скорости передвижения по кругам ипподрома). Она предусматривает статистическое распределение транзактов (и лошадей) по блокам, ответственным за малое время пробега (быстрый бег), среднее время пробега (средний бег) и длительное время пробега (медленный бег) на каждом круге забега.

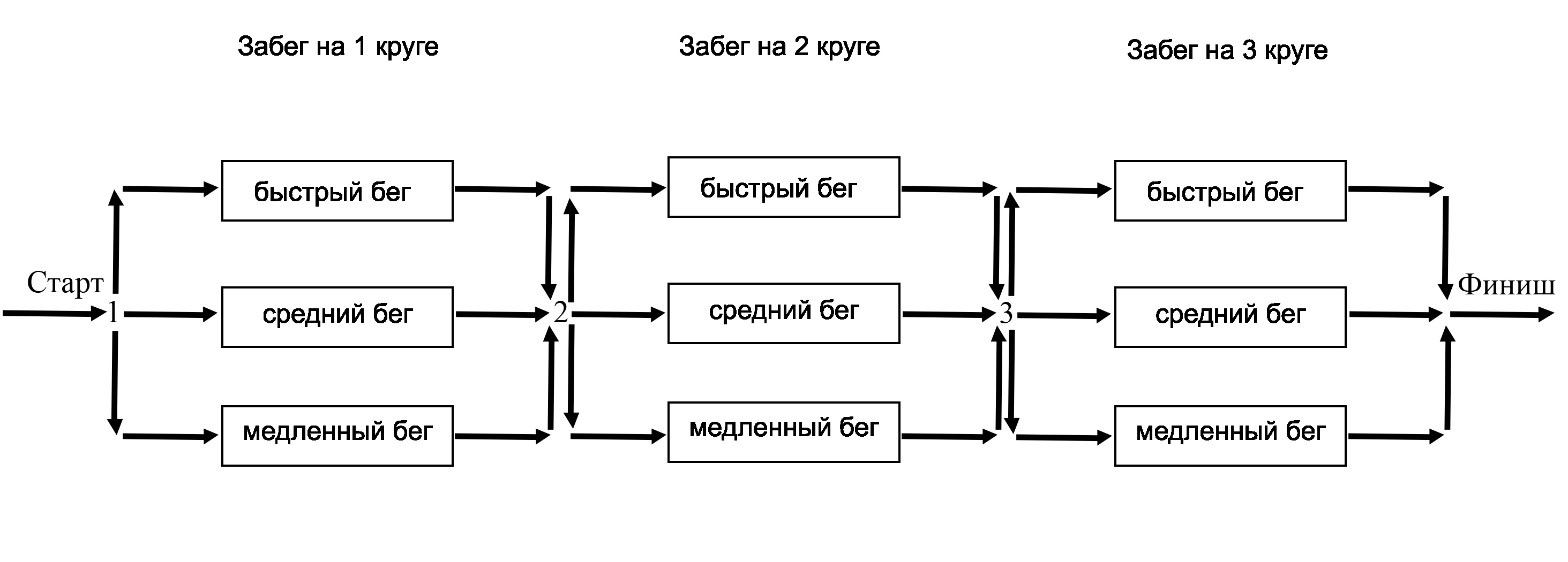
******

Рис.1 Принципиальная схема движения транзакта по блокам

Ниже приводится сама программа модели, соответствующая указанной схеме [3].

Оператор START 1 поставлен для одного забега. Вероятности пробегов коней получены, например, за шесть дней тренировок. Модель можно запустить вечером шестого дня – накануне соревнований.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Model of horse racing \*

\* \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

SIMULATE

HORSE STORAGE 50

GENERATE (Exponential(1,0.28,0.05)) ;HORSES START

ENTER HORSE ;HORSE RUNS

TRANSFER 0.5,SOSO,MOST ;HORSE CHOOSES MIDLE SPEED FOR FIRST ROUND

MOST ADVANCE 1.15,0.1 ;RUN for 1.15+/-0.1 min

TRANSFER ,lak ;HORSE RUNS THE SECOND ROUND

SOSO TRANSFER 0.3,BEST,SELDOM ;HORSE CHOOSES HIGHT SPEED FOR FIRST ROUND

SELDOM ADVANCE 1.1,0.05 ;RUN for 1.1+/-0.05 min

TRANSFER ,lak ;HORSE RUNS THE SECOND ROUND

BEST ADVANCE 1.2,0.1 ;RUN for 1.2+/-0.1 min

lak TRANSFER 0.4,COCO,LOST ;HORSE CHOOSES MIDLE SPEED FOR SECOND ROUND

LOST ADVANCE 1.11,0.05 ;RUN for 1.11+/-0.05 min

TRANSFER ,mak ;HORSE RUNS THE THIRD ROUND

COCO TRANSFER 0.35,HIEST,REARE ;HORSE CHOOSES HIGHT SPEED FOR SECOND ROUND

REARE ADVANCE 1.05,0.05 ;RUN for 1.05+/-0.05 min

TRANSFER ,mak ;HORSE RUNS THE THIRD ROUND

HIEST ADVANCE 1.15,0.1 ;RUN for 1.15+/-0.1 min

mak TRANSFER 0.4,BEACH,POINT ;HORSE CHOOSES MIDLE SPEED FOR THIRD ROUND

POINT ADVANCE 1.05,0.05 ;RUN for 1.05+/-0.05 min

LEAVE HORSE ;HORSE ACHIEVES THE FINISH

TERMINATE 1 ;One HORSE RESTS

BEACH TRANSFER 0.35,SLOWLY,QUICKLY ;HORSE CHOOSES HIGHT SPEED FOR SECOND ROUND

QUICKLY ADVANCE 1.01,0.03 ;RUN for 1.01+/-0.05 min

LEAVE HORSE ;HORSE ACHIEVES THE FINISH

TERMINATE 1 ;One HORSE RESTS

SLOWLY ADVANCE 1.08,0.05 ;RUN for 2.7+/-0.3 min

LEAVE HORSE ;HORSE ACHIEVES THE FINISH

TERMINATE 1 ;One HORSE RESTS

START 1

Напоминание об операторах языка GPSS[3]. Появление транзакта (скакуна) моделируется  оператором GENERATE. Накопление информации, появляющейся в различных блоках, описывается оператором STORAGE. ENTER увеличивает вместимость накопителя для информации о событиях, происходящих с транзактом, LEAVE уменьшает вместимость накопителя. Оператор ADVANCE моделирует пробег круга за определенное время с конкретным разбросом согласно данным тренировок.

Оператор TRANSFER 0.5,SOSO,MOST распределяет лошадей по резвости согласно статистике пробега первого круга на скакунов с пробегом в среднем темпе и отличном от среднего. 0.5 – вероятность пробега первого круга в среднем темпе. Программа, начиная с меты MOST до оператора TRANSFER ,lak , моделирует пробег лошади на первом круге в среднем темпе.

Оператор TRANSFER 0.3,BEST,SELDOM распределяет лошадей по резвости согласно статистике пробега первого круга на скакунов более и менее резвых, чем большинство. 0.3 - вероятность пробега в более быстром темпе. Программа, начиная с меты SOSO до оператора TRANSFER ,lak , моделирует пробег лошади на первом круге в быстром темпе.

Строка BEST ADVANCE 1.2,0.1 моделирует пробег первого круга группой лошадей в более медленном темпе.

Строка lak TRANSFER 0.4,COCO,LOST распределяет лошадей по резвости согласно статистике пробега второго круга на скакунов с пробегом в среднем темпе и отличном от среднего. 0.4 – вероятность пробега второго круга в среднем темпе. Далее все аналогично моделированию пробега первого круга.

Строка mak TRANSFER 0.4,BEACH,POINT распределяет лошадей по резвости согласно статистике пробега третьего круга на скакунов с пробегом в среднем темпе и отличном от среднего. 0.4 – вероятность пробега третьего круга в среднем темпе. Далее все аналогично моделированию пробега первого круга. Оператор TERMINATE 1 моделирует пересечение лошадью финишной линии. Оператор START 1 осуществляет один прогон программы.

Ниже приводятся выдержки из листинга модели для обсуждения результатов. Верхняя часть листинга модели:

GPSS World Simulation Report - Horse racing.63.1

Thursday, January 07, 2021 22:11:53

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 3.679 27 0 1

Завершающая часть листинга модели:

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

HORSE 50 39 0 12 12 1 5.528 0.111 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

2 0 3.831 2 22 23

5 0 3.886 5 11 12

9 0 3.977 9 9 10

13 0 4.009 13 0 1

10 0 4.163 10 7 8

6 0 4.214 6 11 12

3 0 4.263 3 25 26

4 0 4.381 4 22 23

7 0 4.381 7 14 15

11 0 4.588 11 9 10

8 0 4.728 8 16 17

12 0 4.843 12 4 5

Величина END TIME (3.679 мин) – в данной модели это время пробега коня-победителя. BLOCKS – 27 – число блоков в модели. FACILITIES – число устройств 0 (не подключены). STORAGES – 1 – число накопителей транзактов.

В верхней части приведена информация о поведении транзактов в накопителе HORSE**:**

CAP – 50 – вместимость накопителя.

REM – 40 – свободная емкость накопителя.

MAX (максимум) – максимальная величина занятой емкости накопителя, которая достигалась за все время моделирования. В нашей модели она равна 11.

AVE.CONT (среднее содержимое) - средняя занятая емкость – 5.528.

UTIL — коэффициент использования накопителя. В нашем случае коэффициент использования равен 11,1 % – низкий уровень.

RETRY – количество транзактов, ожидающих специальных условий, зависящих от состояния объекта типа «устройство». 0 - нет таких.

DELAY – определяет количество транзактов, ожидающих занятия или освобождения устройства. 0 - нет таких.

Рассмотрим информацию о накопителеHORSE, - информация о транзактах из списка блокированных событий (СБС):

XN - номер транзакта;

PRI - приоритет транзакта;

BDT - время модельных событий - абсолютное модельное время выхода транзакта из СБС;

ASSEM - номер семейства транзактов;

CURRENT - номер блока, где находится транзакт (0 - если транзакт еще не вошел ни в один блок модели);

NEXT - номер блока, в который должен войти транзакт;

PARAMETER - номер или имя параметра транзакта;

VALUE - значение параметра.

Особенность работы программы: когда самый резвый конь пересекает финишную черту, программа останавливается. Информация о конях со второго по 12 места рассчитывается моделью, но отправляется в табличку времени модельных событий (BDT).

Детально рассмотрим BDT. Время 3.831 мин - время коня, занявшего второе место. Значение XN равное 2 показывает, что конь стартовал 2-ым. Третий результат - 3.886 мин. Конь стартовал 5. Интересна информация о коне, который пришел первым, он стартовал 1.Он очень резвый. 13 конь не вышел со старта, но его и не было (это правильно).

Значение PRI, равное 0 для всех коней, показывает, что они все были в равных условиях (приоритет отсутствует).

Сравним достижения скакунов с рекордами.

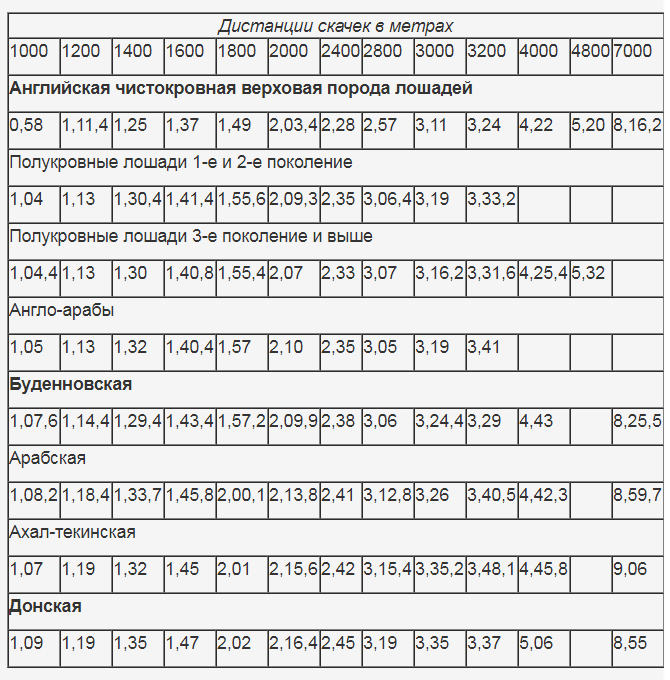
******

Рис.2 Скан таблицы с рекордами скакунов [7]

Результат победителя (3000 м за 3.679 мин) посредственный для лошадей Ахал-текинской и Донской пород, тем более Арабской и Буденовской, а для чистокровной лошади английской породы это время - фиаско.

Увидев такие результаты прогноза соревнования, владелец лошадей постарался бы исправить положение, поскольку улучшение тренировок и питания живых объектов привело бы к улучшению их качеств. Такие лошади – спортсмены стоят еще дороже, а бывает, что живые объекты не продаются: они приносят славу конезаводам и коневодческим фермам своими рекордами.

Выше описана гипотетическая модель. При уточнении закономерности, описывающей старт, такой подход может быть опробован на практике. Если данные о стартовых временах и скоростях, полученные с помощью фотосъемки, подтвердят показательный закон, то получатся функции плотности распределения и самого распределения, соответствующие рис.3

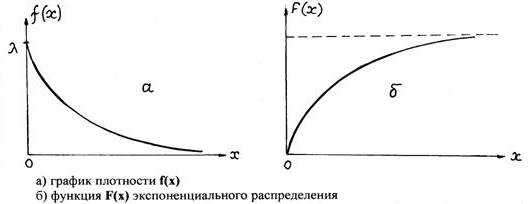
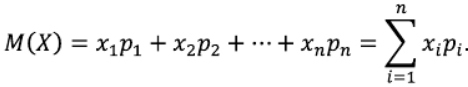
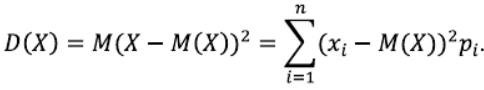
******

Рис. 3 Напоминание основных сведений о показательном распределении

Проанализируем функцию плотности распределения. Если смещение равно 0, то легко определить коэффициент λ показательного распределения, см. рис. 3 a. λ - это значение функции, когда абцисса равна 0. λ - величина, обратная математическому ожиданию и квадратный корень из величины, обратной дисперсии показательного распределения времен ухода коней со старта. У нас тогда есть все сведения о законе распределения.

Если смещение отлично от 0, то λ можно вычислить по формуле математического ожидания.





При этом xi – значение времени стартового пробега 250 м, а pi – вероятность пробега с этим показателем. Далее, используя построенный график плотности распределения, можно определить смещение. Значение абциссы равно смещению в точке со значением функции - λ.

GENERATE (Exponential(1,M,N))

1 – первый операнд – номер генератора случайных чисел;

M – второй операнд – смещение, величина сдвига, определяющего месторасположение распределения;

N – третий операнд – среднее значение, если смещение равно 0.

В описанной выше модели необходимо заменить GENERATE (Exponential(1,0.28,0.05)) на функцию, полученную на практике, – и перед вами предстанет реальная модель.

Предположим, что смещение M равно 0, а среднее значение N - 0,275, и те же значения пробегов кругов.

Тогда верхняя часть нового листинга перед вами.

GPSS World Simulation Report - Horse racing.80.1

Friday, January 22, 2021 21:17:50

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 3.326 27 0 1

Соответствующая завершающая часть листинга модели:

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

HORSE 50 39 0 12 12 1 5.762 0.115 0 0

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE

5 0 3.385 5 16 17

1 0 3.415 1 25 26

13 0 3.553 13 0 1

9 0 3.711 9 4 5

3 0 3.768 3 18 19

8 0 3.835 8 4 5

4 0 3.909 4 18 19

6 0 3.977 6 16 17

11 0 4.188 11 4 5

10 0 4.247 10 4 5

7 0 4.265 7 16 17

12 0 4.453 12 4 5

Время коня, пришедшего первым - 3.326 мин (он стартовал вторым), второго 3.385 мин (он стартовал 5), третьего - 3.415 мин (он стартовал 1). Такие результаты на практике стимулировали бы дополнительные тренировки скакунов английской чистокровной, полукровных, англо-арабской породы. Они были бы хорошими для скакунов буденовской породы и отличными для арабской, ахал-текинской и донской пород. См. Рис. 2.

При каких-то значениях смещения M и среднего значения N оператор GENERATE создаст число транзактов, большее 12. Что это означает? Кони 13 и …, если их выпустили бы на соревнования и их движения подчинялись бы заложенным статистическим закономерностям, пришли бы на финиш с таким результатом, как показано в листинге.

В реальности вместо этого скакуна будет пропуск: разрыв между группами соревнующихся живых объектов. Оператор GENERATE вбрасывает транзакты по определенному закону до остановки работы программы. Если закономерность старта остается прежней, а дистанция скоростных соревнований еще увеличится, то число вброшенных транзактов – тоже увеличится. Надо смотреть на времена транзактов с номерами 1-12.

Что будет, если реально сделать модель для большего числа скакунов? У них будут свои скорости пробега, которые повлияют на общую статистику в задаче. Соответственно, поменяются первые операнды у операторов TRANSFER. Листинг покажет новые результаты, и смотреть надо будет их для транзактов с номерами 1-К (где К-число участников соревнования).

Представленная выше простая модель позволяет автоматизировать **оценку** резвости спортсменов-лошадей.

Если обратиться к кинологии, то с помощью представленной программы возможно провести оценку резвости спортсменов–собак. Вообще для породистых собак проводят испытания и состязания по служебным и игровым дисциплинам [8], а также по охотничьим дисциплинам [9]. В перечне спортивных состязаний среди множества дисциплин можно увидеть скоростные испытания для собак и гонки на собачьих упряжках (состязания групп животных под управлением человека). Высокой резвостью отличаются собаки борзой породы. Их строение подходит для скоростного спорта.

Самые популярные породы ездовых собак:

- Хаски;

- Маламут;

- Самоедская лайка;

- Гренландская собака;

- Чинук;

- Чукотская ездовая;

- Якутская лайка.

Значения операндов в операторах GENERATE для моделей состязаний собак и собачьих упряжек будут сильно отличаться друг от друга ввиду разных развиваемых скоростей. Однако вероятностный подход к распределению живых объектов по зафиксированным на тренировках временам пробега соответствующих дистанций (кругов) поможет оценить время пробега в обоих случаях.

Приведенная выше модель пригодится и в спортивном свиноводстве. «У него давние исторические корни. Первые упоминания о "потешных поросячьих бегах" справочник "Хроники Москвы" относит к началу XVI века, когда юный царь Иван IV требовал, чтобы к царскому столу подавали победителя последнего забега поросячьих бегов, непременно в зажаренном виде. Прошло время, и этот отрок стал царем Иваном Грозным. Ныне нравы изменились …

В программу поросячьей Олимпиады на выставке "ЗооРоссия-2005" включили новый вид спорта - свинбол. Россияне первыми в мире научили хрюшек гонять по полю футбольный мяч. На площадке размером 6 на 5 метров атлеты с пятачками гоняют мяч, обмазанный рыбьим жиром. Голом считается закатанный в угол мяч - и команде присуждается очко…

В 2006 году Федерация стала готовить поросят к стартам на водных дорожках спортивного бассейна. Так что свинбол и свинбег дополняются еще и свинплаванием. Протяженность беговой дистанции сейчас составляет 12 метров, но скоро в Олимпиаду будет включена еще одна обязательная дисциплина - бег с препятствиями. Есть и другие задумки, призванные сделать соревнования для свинок масштабными состязаниями.» [10] Приведенную выше модель можно применить для оценки уровня подготовки поросят к свинбегу.

Не стоит обходить стороной и легкоатлетические соревнования. Легкая атлетика – это комплексный вид спорта, который включает в себя множество спортивных дисциплин, разделенных на 5 групп: бег, ходьба, прыжки, метания, многоборье [11]. Приведенная модель пригодится и здесь. Подобрав соответствующие параметры для операндов оператора GENERATE, и, извлекая пользу из замеров, проведенных во время тренировок, можно оценить самый вероятный для спортсменов результат состязаний.

Кроме того, аналогичный подход к моделированию состязаний при представлении результатов в графических интерфейсах подходит для создания игр. Программисты, свободно владеющие C#, JavaScript, другим языком, подходящим для создания графических интерфейсов, наверняка выбрали бы разработку путем написания собственных программ.

Занятые на работе, но любящие творчество программисты могут создавать игры на графических движках. *Графический движок* (англ. graphics engine; иногда «рендерер» или «визуализатор») — промежуточное программное обеспечение (англ. middleware), программный движок, основной задачей которого является визуализация (рендеринг) двухмерной или трёхмерной компьютерной графики. Может существовать как отдельный продукт или в составе игрового движка. Обзор таких программ приводится в статье «Собственные игровые движки: небольшое исследование» [13]. Приведем несколько примеров игровых движков: Unreal Engine (описание работы – на сайте <https://srs.myrusakov.ru/>), Unity (материалы - на сайте https://netology.ru/), CryEngine 5 (рассказ о нем – на сайте <https://coddyschool.com>).

Новички в разработке игр остановятся на графических конструкторах. *Конструкторы игр* — программы для быстрой конвейерной сборки компьютерных игр. Объединяют в себе игровой движок и IDE, и значительно упрощают процесс создания игр, делая создание игр доступным любителям-непрограммистам. То есть, такая программа позволяет создавать игры людям-неспециалистам в области создания компьютерных игр. Известный фрилансер [Иван Михайлов](https://dtf.ru/u/294354-ivan-mihaylov) в статье «Сборник-помощник для начинающих разработчиков игр: бесплатные программы и ассеты» рекомендует конструкторы игр Ren'Py, [GDevelop](https://gdevelop-app.com/), [MANU Video Game Maker](https://manu.co/), [Scratch](https://scratch.mit.edu/" \t "_blank) [14].

Идеи для собственных игр на тему скоростных соревнований живых объектов разнообразны.

*Проведем мозговой штурм*

**Кубоккороля Ричарда**

Представим себе соревнования при дворе английского короля Ричарда Львиное Сердце (правил с 6 июля 1189 г. — по 6 апреля 1199 г. (род. 8 сентября 1157 г. – ум. 6 апреля 1199 г.)) по случаю дня рождения королевы Англии Беренгарии. Для участия в кубке короля Ричарда созываются герцоги и лорды королевства. В скоростных конных соревнованиях принимают участия доверенные представители (вассалы) именитых сюзеренов на скакунах, выбранных сюзеренами. Дизайн сцен соответствует действию в Англии второй половины IX века. Королевская ложа заполнена. Трибуны заняты знатными господами и дамами.

В начале игры определяются число и имена участников конного ристалища (вводятся через клавиатуру). После этого глашатай громко объявляет имена каждого из участников и их сюзеренов. По окончании - программа выводит результаты транзактов (всадников) с номерами 1-К (где К-число участников соревнования).

После объявления доблестных победителей и вручения им королевских наград (золотого, серебряного и латунный кубков, вышитых лент с надписями о первом, втором и третьем местах), всем участникам позволяется совершить круг славы по спортивному полю. Затем выходят артисты и показывают заготовленные номера.

Вы можете продолжить…

**Маугли и легкоатлеты**

Маугли пришел жить среди людей. Теперь его дом – в Калькутте (Западная Бенгалия). Маугли - крепкий и быстрый юноша. Его пригласили стать легкоатлетическим спортсменом, убедившись в том, что он одинаково хорош и на коротких, и на длинных дистанциях. Стадион Солт-Лейк-Сити видел уже много звезд легкой атлетики и футбола, однако, пришел новый супер-чемпион.

Афиши соревнований обещают небывалое зрелище: состязание «лесного человека» с чемпионом Калькутты предыдущего года, с олимпийским чемпионом Летних Олимпийских игр 2020 года в Токио и спортсменами из разных стран, пожелавшими принять вызов. Перед началом забега определяют число участников и их имена.

Директор стадиона в лучах кинокамер дает первый старт соревнований (дистанция на 100 м). Трибуны, заполненные до отказа, переживают каждый за своего кандидата в победители. По окончании - программа выводит результаты транзактов с номерами 1-К (где К-число участников соревнования). Директор стадиона вручает медали призерам и передает дальнейшее управление соревнованиями своему помощнику. Объявляется перерыв. Под открытым небом выступает известная певица.

Начинается второе состязание. Дистанция – в два раза длиннее. Маугли снова принимает участие, а список других легкоатлетов поменялся.

Третье соревнование объявляется после большого перерыва (на обед для зрителей в кафе и ресторанах стадиона) на дистанцию 3000 м. Маугли спокойно читает новый список участников. Были иногда дни, когда охота в джунглях затягивалась, и приходилось долго преследовать лань. Он и его серые братья выходили победителями из таких испытаний. Надо сегодня снова «добыть лань».

Начинается состязание. Выносливость Маугли поражает. Третий раз вручены призы. Зрители посмотрели заключительный концерт.

Вы можете продолжить…

**12 резвых поросят**

Живут в Зеленом городе разные животные, и среди них – 12 резвых поросят. Белые домики с желтыми крышами разной этажности и архитектуры утопают в зеленых насаждениях: деревьях и кустарниках. Каждую субботу жители собираются на соревнования по бегу «Зеленая олива» (победителю вручается большая оливковая ветвь).

На трибунах городского стадиона сидят разные животные – местные жители. Поросята выходят на старт. Участники игры вводят число спортсменов, участвующих в забеге (не более 12). Медведь дает отмашку на старте, и зрители наблюдают за исходом состязаний. По окончании - программа выводит результаты транзактов с номерами 1-К (где К-число участников соревнования).

При объявлении призеров им вручают за первое место большую оливковую ветвь и корзинку с фруктами, за второе – корзинку с фруктами и за третье – корзинку с овощами.

Начинается концерт под открытым небом. Первый номер: группа белочек-гимнасток. Второй номер: медвежонок-солист на губной гармошке в окружении сорок-трещоток и в сопровождении дроби дятла по сухому пню. Третий номер: выступление танцевального ансамбля ланей.

Вы можете продолжить…

**Элитная стая**

30 уважаемый борзых организуют кубок «Большая берцовая кость мамонта». Соревнования проводятся в 14 раз в память предка – Ужасного волка, охотившегося когда-то на мамонта.

Председатель клуба борзых удостоен звания «Потомок Ужасного волка» - он четырежды олимпийский чемпион в дисциплине собачий бег. Он принимает заявки спортсменов на участие в знаменитых состязаниях элитных собак.

В соревнованиях по бегу участвует знаменитый пес Валентино. Он уже 5 раз получил медаль с изображением «Большая берцовая кость мамонта».

Определяются число и клички участников забега. Подтянутые «до невесомости» спортсмены вышли на стартовую линию. Стартер подает команду начала движения. Борзая стая практически летит над дорожками, едва касаясь лапами.

Вы можете продолжить…

Предлагается Вам применить описанную модель автоматизированной оценки резвости живых объектов, созданную в среде моделирования «GPSS World».

Литература

1. Анфилатов B.C. и др. Системный анализ в управлении: Учеб. пособие /B.C. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; Под ред. А.А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.

2. Л.Н. Губарь, А.В. Ермоленко Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / Л. Н. Губарь, А. В. Ермоленко. – Сыктывкар: Изд-во СГУ имени Питирима Сорокина, 2015. – 120 с.

3. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.: ил. (Серия «Проектирование»).

4. «Сельское хозяйство - энциклопедия садовода, животновода и огородника»: официальный сайт. 2017-2021 гг. URL: <https://fermerok.info/> (Дата обращения 29.01.2021)

5. Библиотека «Коневодство и коннозаводство»: официальный сайт. 2001-2019 гг. URL: [http://konevodstvo.su/](http://konevodstvo.su/books/item/f00/s00/z0000006/st124.shtml) (Дата обращения 29.01.2021)

6. «Всемирные игры кочевников»: официальный сайт. 2014 - 2018 гг. URL: <http://www.worldnomadgames.com> (Дата обращения 29.01.2021)

7. ВНИИ Коневодства, филиал Ростов-на-Дону: официальный сайт. – 2020 г. URL: [http://horsexpert.ru/](http://horsexpert.ru/races/analys/rekord.html)(Дата обращения 29.01.2021)

8. Российская кинологическая федерация: официальный сайт. –1991-2019 гг. URL: [http://old2.rkf.org.ru/](http://old2.rkf.org.ru/old2.rkf.org.ru/normativy-sluzhebnyh-i-igrovyh-vidov/index.html) (Дата обращения 29.01.2021)

9. ИСОС «Фрязево» («Охота и собаки»): официальный сайт. –2020 гг. URL: [https://www.hunt-dog.ru/](https://www.hunt-dog.ru/rub) (Дата обращения 29.01.2021)

10. [Галина Козорезова](https://iz.ru/author/galina-kozorezova) «Поросячьи бега»// «Известия» [Электронный ресурс]. Электрон. газета. (Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77 - 76208 от 8 июля 2019 года.) Рубрика «Экономика». - URL: <https://iz.ru/news/354059> (Дата обращения 29.01.2021)

11. «Информационно-познавательный сайт. Все что может помочь заниматься спортом»// [Электронный ресурс] - 2021 г. URL: https://dlia-sporta.ru/ (Дата обращения 29.01.2021)

12. «Все стадионы мира»//[Электронный ресурс]  - 2020 г. URL: https://sport-arenas.ru (Дата обращения 29.01.2021)

13. «Собственные игровые движки: небольшое исследование» // «Хабр» [Электронный ресурс] Пост №500320 - 2006 – 2021 гг. URL: <https://habr.com/ru/post/500320/> (Дата обращения 29.01.2021)

14. [Иван Михайлов](https://dtf.ru/u/294354-ivan-mihaylov) «Сборник-помощник для начинающих разработчиков игр: бесплатные программы и ассеты» // «DTF» [Электронный ресурс]. Раздел «Разработка игр и всё, что с ней связано»  – URL: <https://dtf.ru/gamedev/243437-sbornik-pomoshchnik-dlya-nachinayushchih-razrabotchikov-igr-besplatnye-programmy-i-assety> (Дата обращения 29.01.2021)