

УДК 796.054

DOI 10.5930/1994-4683-2025-110-117

Разработка модельного метода решения тактических задач при прохождении соревновательной дистанции в спортивной радиопеленгации – спринте

Зеленский Константин Григорьевич¹, доктор педагогических наук, профессор

Абрамов Алексей Валерьевич¹

Костюченко Валерий Филиппович², доктор педагогических наук, профессор

¹*Ставропольский государственный педагогический институт, Ставрополь*

²*Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург*

Аннотация

Цель исследования – определение оптимальных размерностей поля мысленной модели по выбору варианта поиска радиопередатчиков в спортивной радиопеленгации – спринте путем сравнения классического и модельного подходов решения тактических задач.

Методы и организация исследования. Использовали компьютерное моделирование с применением методов Монте-Карло. На первом этапе моделирования выполняли размещение объектов дистанции на «точном» представлении, на втором – для сгенерированной дистанции рассчитывали оптимальный порядок поиска, на третьем выполняли моделирование предполагаемых действий спортсмена, на четвертом выполняли расчет оптимального варианта поиска радиопередатчиков, на пятом производили расчет длины варианта.

Результаты исследования и выводы. С помощью компьютерной модели проведено сравнительное исследование возможного результата тактических действий по определению варианта поиска радиопередатчиков для мысленных моделей различной размерности. Установлено, что наиболее оптимальной является мыслительная модель с размерностью 3х3, которая более чем в 76% случаев позволяет спортсмену успешно проходить соревновательную дистанцию.

Ключевые слова: спортивная радиопеленгация, спринт, моделирование.

Development of a model method for solving tactical tasks during the competitive distance in sports radio direction finding – sprint

Zelensky Konstantin Grigorievich¹, doctor of pedagogical sciences, professor

Abramov Alexey Valerievich¹

Kostyuchenko Valery Filippovich², doctor of pedagogical sciences, professor

¹*Stavropol State Pedagogical Institute, Stavropol*

²*Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg*

Abstract

The purpose of the study is to determine the optimal dimensions of the mental model field for selecting a search option for radio transmitters in sports radio direction finding - sprinting, by comparing classical and modeling approaches to solving tactical tasks.

Research methods and organization. Computer modeling was utilized using Monte Carlo methods. In the first phase of modeling, object placement was performed according to a 'precise' representation; in the second phase, the optimal search order was calculated for the generated distance; in the third phase, the modeling of the athlete's anticipated actions was carried out; in the fourth phase, the optimal search option for radio transmitters was calculated; and in the fifth phase, the length of the option was calculated.

Research results and conclusions. A comparative study of the potential outcomes of tactical actions regarding the search for radio transmitters was conducted using a computer model for mental models of varying dimensions. It was established that the most optimal is the mental model with a dimension of 3x3, which enables the athlete to successfully complete the competitive distance in more than 76% of cases.

Keywords: sports radio direction finding, sprint, modeling.

ВВЕДЕНИЕ. Одной из важнейших задач, стоящих перед спортсменом на соревнованиях в дисциплине «спортивная радиопеленгация – спринт», является определение оптимального порядка обнаружения радиопередатчиков (РП), иначе называемого «вариантом».

Соревновательная дистанция в спринте состоит из двух этапов (кругов), разделенных промежуточным финишем. Решение тактической задачи по определению варианта обнаружения РП производится дважды – на каждом из двух этапов. Выбор варианта может осуществляться одномоментно, после однократного прослушивания всех обнаруживаемых на этапе РП, и далее корректироваться по мере поступления информации, либо постепенно: сначала определяется РП, обнаруживаемый в первую очередь, потом следующий и т.д.

В дисциплине «спортивная радиопеленгация – спринт» цикл работы пяти РП составляет одну минуту. Таким образом, на сеанс работы каждого РП приходится 12 секунд.

В классических дисциплинах, где сеанс работы, как правило, равен одной минуте, решение тактической задачи по определению варианта поиска производится путем выполнения измерений пеленгов на каждый РП и нанесения их на карту.

Времени сеанса в спринте недостаточно для решения задач путем выполнения геометрических построений на карте. Время, которое спортсмен затрачивает на подготовку радиопеленгатора к измерению пеленга (подстройка частоты, установка уровня усиления), определение направления на РП, измерение пеленга компасом и нанесение его на карту, как правило, заметно превышает 12 секунд. Кроме того, расчетное время победителя в дисциплине спринт составляет порядка 15 минут на оба этапа, поэтому дополнительные затраты времени на выполнение геометрических построений на карте оказывают значительное негативное влияние на показанный спортсменом результат.

Вместе с тем, правильный выбор варианта является одним из факторов, определяющих успешность выступления в соревнованиях по спортивной радиопеленгации [1]. Ошибка в определении порядка обнаружения РП может значительно увеличить для спортсмена протяженность пройденной им дистанции и, следовательно, привести к увеличению времени итогового результата.

Таким образом, возникает противоречие между необходимостью качественно выполнять тактические задачи по определению оптимального варианта поиска РП, с одной стороны, и высокими временными затратами при применении классического подхода к определению варианта, с другой стороны.

Для разрешения указанного противоречия нами была предложена технология решения задачи об оптимальном варианте поиска РП без выполнения геометрических построений на карте. Все необходимые действия выполняются спортсменом в воображении, в форме мысленной модели. Спортсмен должен запомнить ситуацию, отображенную на карте, – то есть взаимное расположение старта, промежуточного и основного финиша, мысленно нанести на нее линии, соответствующие пеленгам на каждый РП, оценить и запомнить сравнительные уровни сигнала, получить мысленную картину взаимного расположения объектов дистанции и на основе полученной мысленной картины определить оптимальный вариант поиска РП.

Очевидно, что такая работа требует высокого умственного напряжения, сопряжена с возможными ошибками на любой стадии решения данной задачи. Для

решения проблемы авторами статьи предложено использование упрощенной мысленной модели взаимного расположения РП, которую спортсмен способен построить в воображении и надежно удерживать в памяти. Предлагается использование в качестве такой модели прямоугольного поля, разбитого на равные ячейки размерностью $m \times n$. Вместо построения воображаемых линий – пеленгов, предлагается мысленное размещение РП в ячейках такого поля. Спортсмен определяет оптимальный порядок поиска по взаимному расположению старта, радиопередатчиков и финиша. Очевидно, что уменьшение размерности поля для мысленной модели позволяет решить задачу с меньшими умственными затратами, но вместе с тем вероятность ошибки в определении оптимального варианта будет увеличиваться с уменьшением размерности поля.

Настоящее исследование направлено на изучение зависимости между размерностью поля мысленной модели и показателями точности определения варианта поиска. В данном случае под точностью понимается степень отличия протяженности дистанции по выбранному варианту в сравнении с наикратчайшим.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – определение оптимальных размерностей поля мысленной модели для выбора варианта поиска радиопередатчиков в спортивной радиопеленгации – спринте путем сравнения классического и модельного подходов к решению тактических задач.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для получения обоснованных результатов были выдвинуты следующие требования: многократное повторение эксперимента с различными планировками дистанции, исключение влияния субъективных факторов (стиля планирования дистанции планировщиком и квалификации спортсмена), исключение влияния особенностей местности.

Для выполнения указанных требований было принято решение использовать компьютерное моделирование.

В основу компьютерной модели легли методы Монте-Карло [2]. Суть методов Монте-Карло заключается в использовании данных случайных событий для получения на их основе приемлемых результатов других вычислений. В данном случае применялось случайное распределение объектов дистанции (старта, промежуточного финиша и радиопередатчиков) с учетом ограничений, налагаемых Правилами соревнований. Была разработана компьютерная модель на языке программирования Java.

При разработке компьютерной модели были использованы следующие допущения: проходимость местности изотропна, то есть одинакова на всех участках и во всех направлениях, следовательно, оптимальному варианту поиска соответствует кратчайший путь, соединяющий старт, РП дистанции и финиш (промежуточный финиш); скорость движения спортсмена постоянна, следовательно, соотношение протяженностей дистанций по разным вариантам поиска РП соответствует отношению времени, затраченного на их преодоление. Таким образом, потери времени, связанные с ошибкой при определении варианта обнаружения РП, эквивалентны удлинению дистанции для выбранного варианта по отношению к оптимальному (кратчайшему).

В разработанной компьютерной модели район соревнований описан в виде «точного» и «модельного» представлений.

«Точное» представление (компьютерный аналог реальной местности) – это прямоугольный участок местности размерами $W \times L$. Путем указания масштаба и степени дискретизации заданы размерности «точного» представления района соревнований. Конкретные значения размерностей выбраны по следующим соображениям: для дисциплины «спринт» рекомендуется масштаб карты 1:5000, то есть 1 мм карты соответствует 5 метрам на местности; для решения задачи определения варианта поиска погрешность в 5 метров является вполне допустимой. Таким образом, район соревнований размером 1 x 1 км будем описывать в виде декартовой координатной сетки 200 x 200 единиц. Координаты каждого объекта дистанции в этом случае определяются как пара целых значений в интервале [3, 4].

«Модельное» представление (компьютерный аналог мысленной модели, которую строит спортсмен), как было указано выше, описано в виде сетки, размерность которой задается параметрически. В модельном представлении координаты каждого объекта дистанции определяются как пара целых значений в интервалах $[1, m]$ и $[1, n]$, где $m \times n$ – размерность сетки модельного представления.

На первом этапе моделирования выполняется размещение объектов дистанции на «точном» представлении: старт, РП1 – РП5, промежуточный финиш (для второго круга, соответственно: промежуточный финиш, РП1F – РП5F, финишный бакен). В соответствии с методом Монте-Карло, координаты объектов являются случайными величинами, получаемыми от генератора случайных чисел с равномерным законом распределения, далее выполняется пересчет для попадания координат в указанный интервал. Ограничения, предусмотренные Правилами соревнований: расстояние от старта до ближайшего к нему РП не должно быть менее 200 м, расстояние между ближайшими РП и от РП до промежуточного финиша не должно быть менее 100 м в заданном масштабе. При генерации дистанции выполняется попытка разместить РП по полученным координатам. В случае несоответствия расположения объекта дистанции ограничениям выполняется необходимое количество попыток повторной генерации пары случайных чисел, выражающих координаты этого объекта. Таким образом получается некая допустимая Правилами соревнований случайная планировка дистанции.

На втором этапе, для сгенерированной дистанции рассчитывается оптимальный (самый короткий) порядок поиска. Для этого формируются все возможные варианты поиска пяти РП. Количество вариантов соответствует числу перестановок пятиэлементного множества. Число перестановок определяется как факториал от n – количества элементов ($n!$) [4]. Таким образом, т.к. $5! = 120$, имеем 120 различных вариантов порядка поиска пяти РП. Для каждого варианта рассчитывается длина дистанции как сумма декартовых расстояний между объектами дистанции в порядке, определенном данным вариантом. Далее, в массиве полученных данных путем полного перебора выбирается самый короткий вариант.

На третьем этапе выполняется моделирование предполагаемых действий спортсмена, то есть производится упрощение «точного» представления, строится

компьютерный аналог мысленной модели – для каждого объекта дистанции определяется место в сетке $m \times n$. На рисунке 1 приведен пример такого упрощения «точного» представления в мысленную модель с сеткой размерностью 2×2 .

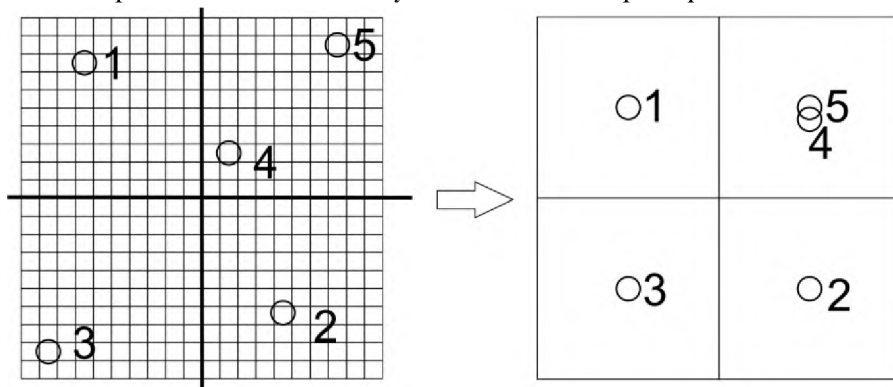


Рисунок 1 – Мыслительная модель упрощенного «точного» представления выбора варианта поиска РП

На четвертом этапе выполняется расчет оптимального варианта уже для поля $m \times n$. Расстояния между объектами вычисляются в координатной сетке $m \times n$, а далее, аналогично второму этапу, определяется наикратчайший вариант поиска.

На пятом этапе производится расчет длины варианта, полученного на основе «модельного» представления, в координатной сетке «точного» представления. То есть на «точном» представлении выбирается вариант поиска, определенный с использованием «модельного» представления (он может отличаться или совпадать с рассчитанным на втором этапе), и рассчитывается длина дистанции по этому варианту.

В качестве метрики в каждом эксперименте определяется отношение расстояний по «точному» и «модельному» вариантам с определением коэффициента удлинения дистанции, иными словами, процента потерь за счет ошибки в выборе варианта.

Эксперимент повторялся многократно. Для каждой размерности сетки фиксировались следующие показатели: максимальный и минимальный процент потерь из всего комплекса экспериментов; процент экспериментов, где вариант был определен точно; доля экспериментов, где ошибка определения варианта превысила 25%. Ключевым является показатель доли экспериментов, где ошибка не превысила 10%. Такой показатель выбран по следующим соображениям.

Согласно Единой Всероссийской спортивной классификации (ЕВСК), результат 120% по отношению ко времени лидера на соревнованиях с максимальным рангом – это норматив МС РФ. То есть потери 20% времени за счет неоптимального порядка поиска позволяют при отсутствии прочих потерь показать норматив МС РФ.

Дистанция в дисциплине «спортивная радиопеленгация – спринт» состоит из двух этапов. Следовательно, на каждый этап приходится половина потерь – по 10%. Таким образом, будем считать приемлемым результатом определения порядка поиска вариант, отличающийся от идеального не более чем на 10%.

Эксперимент проводился для различных размерностей полей мысленной модели. Для каждой размерности эксперимент повторялся 1000 раз, то есть было

проанализировано по 1000 различных планировок дистанций для каждой размерности. Для проверки алгоритма моделирования были проведены дополнительные серии экспериментов с краевыми условиями. В первом случае для поля 1 x 1, когда все объекты дистанции имеют одну и ту же пару координат. Это соответствует произвольному выбору варианта поиска – то есть отказу спортсмена от решения тактической задачи и прохождению дистанции в некотором произвольном порядке. Во втором случае, для поля, равного размерности «точной» модели, что соответствует построению мысленной модели по классическому подходу, то есть точному решению задачи об оптимальном варианте порядка поиска РП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. При тысячекратном повторении эксперимента для каждой из выбранных размерностей поля «мысленной» модели были получены результаты, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по выбору варианта поиска РП в зависимости от размерностей полей мысленной модели, %

Потери	Размерность поля «мыслительной» модели							
	1 x 1	2 x 1	2 x 2	3 x 2	3 x 3	4 x 3	4 x 4	200 x 200
Средний процент потерь	34,9	22,3	11,2	9,5	5,8	4,7	3,2	0
Максимальный процент потерь	125	80,8	80,3	50,9	44,2	42,9	35,2	0
Минимальный процент потерь	0	0	0	0	0	0	0	0
Процент полных совпадений вариантов	1,5	5,8	18	24,5	32,9	39,6	48,4	100
Доля экспериментов, где потери превысили 25%	68,7	38,9	9,7	7,6	2,0	1,2	0,5	0
Доля экспериментов, где потери не превысили 10%	6,2	23,7	52,8	60	76,7	83,4	90,4	100

Результаты эксперимента для ситуации, когда спортсмен выбирает вариант поиска произвольным образом, показали, что средний процент потерь на этапе в этом случае составляет 34,9%, при этом максимальный процент потерь может достигать 125%, что совершенно неприемлемо в качестве результата соревнований. Вместе с тем, возможны ситуации, когда произвольно выбранный вариант совпадает с оптимальным. Отказ от выполнения тактических действий по определению варианта поиска лишь в 6,2% случаев позволяет спортсмену показать результат, соответствующий нормативу МС РФ (при отсутствии других потерь на дистанции). Вместе с тем, в 68,7% случаев потери только лишь от ошибки в определении варианта являются неприемлемо высокими.

Эксперименты с точной моделью показали адекватность ее работы – нулевые проценты потерь, 100% совпадение модельного варианта с точным.

Для определения оптимальных размерностей «мысленной» модели был построен график (рис. 2), по оси абсцисс которого отложены общие количества ячеек (произведения размерностей) для моделей различной размерности, а по оси ординат – доля экспериментов, при которых уровень потерь на этапе не превысил 10%, что при отсутствии других видов потерь соответствует нормативу МС РФ.

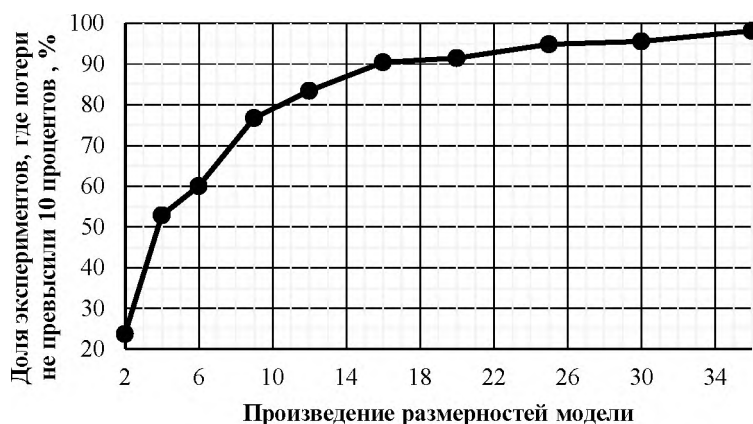


Рисунок 2 – Зависимость потерь от размерности мыслительной модели

Наиболее значительное улучшение ключевого показателя наблюдалось при переходе от произвольного (случайного) выбора варианта поиска к полям 2×2 (4 ячейки), 3×2 (6 ячеек) и 3×3 (9 ячеек). Далее темп роста ключевого показателя с увеличением размерности снижается.

ВЫВОДЫ. Наиболее предпочтительными размерностями для построения мысленной модели являются размерности 2×2 , 3×2 и 3×3 . При этом размерность 3×3 заметно лучше по показателям, чем 3×2 , но при этом ощутимо меньше уступает размерности 4×3 . Вместе с тем, увеличение размерности поля мысленной модели ведет к увеличению умственных затрат. Использование моделей больших размерностей ограничивается объемом кратковременной памяти человека.

Таким образом, по итогам исследования оптимальной является мысленная модель с размерностью 3×3 , которая более чем в 76% случаев позволяет сохранить уровень потерь, допустимый для норматива МС РФ. При этом в 32,9% случаев вариант определен точно. Всего в 2% случаев потери превышают 25%.

Применение моделей размерностей 2×2 и 3×2 является более доступным для начинающих спортсменов и может быть рекомендовано на начальных этапах обучения тактическим навыкам определения варианта поиска в дисциплине «спортивная радиопеленгация – спринт». По мере роста спортивного мастерства целесообразен постепенный переход к мысленным моделям большей размерности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты исследования показали, что применение упрощенных мысленных моделей позволяет успешно решать тактическую задачу по определению порядка поиска РП в дисциплине «спортивная радиопеленгация – спринт». Дополнительное исследование возможностей спортсменов по построению мысленных моделей различной размерности в зависимости от возраста и квалификации может послужить основой для разработки технологии определения варианта поиска, которая войдет в методику подготовки спортсменов в дисциплине спринт.

Примененная в исследовании компьютерная модель, основанная на методах Монте-Карло, может использоваться как средство изучения различных аспектов

поведения спортсмена на дистанциях дисциплин спортивной радиопеленгации в части решения тактических задач, возникающих в процессе соревновательной деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленский К. Г. Тренировочный процесс в спортивной радиопеленгации : монография. Ставрополь : Изд-во ИП "А. Смехнов", 2014. 282 с. ISBN 978-5-91740-058-7. EDN: AYKANF.
2. Monte Carlo Simulation in Excel. URL: <https://lumivero.com/software-features/monte-carlo-simulation/> (дата обращения: 13.02.2025).
3. Абрамов А. В. Техника и тактика спортивной радиопеленгации. Ставрополь : Северо-Кавказский федерал. ун-т, 2020. 121 с.
4. Липский В. Комбинаторика для программистов. Москва : Мир, 1988. 213 с.: ил. ISBN 5-03-000979-5.

REFERENCES

1. Zelensky K. G. (2014), "Training process in sports radio direction finding", Monograph, Stavropol, IP "A. Smekhnov", 282 p., ISBN 978-5-91740-058-7.
2. "Monte Carlo Simulation in Excel", URL: <https://lumivero.com/software-features/monte-carlo-simulation/> (accessed 13.02.2025).
3. Abramov A. V. (2020), "Technique and tactics of sports radio direction finding", Stavropol, SKFU, 121 p.
4. Lipsky V. (1988), "Combinatorics for programmers", Moscow, Mir, 213 p., ISBN 5-03-000979-5.

Информация об авторах:

Зеленский К.Г., профессор кафедры физического воспитания и адаптивной физической культуры, ORCID: 0000-0003-3987-3274; SPIN-код: 6697-8356.

Абрамов А. В., кафедра физического воспитания и адаптивной физической культуры, SPIN-код 2560-3035.

Костюченко В.Ф., профессор кафедры теории и методики легкой атлетики, ORCID: 0000-0002-6242-5683; SPIN-код: 7647-6588.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.06.2025.

Принята к публикации 30.06.2025.