FRI-2.116-1-ERI-12

THE TOPIC OF GEOMETRIC PROBABILITY IN THE PLANE AND SPACE IN THE SCHOOL MATHEMATICS COURSE[15]

Lidiya Petrova – MSc Student
Department of Mathematics,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 876 667 168
E-mail: lpetrova@vaprilov-ruse.com

Assist. Prof. Anna Lecheva, PhD
Department of Mathematics,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 453
E-mail: alecheva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Veselina Evtimova, PhD
Department of Mathematics,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Phone: +359 82 888 453
E-mail: v.evtimova@gmail.com

Abstract: *This paper presents Geometric probability in plane and space. It is suitable as introduction, developing the knowledge and skills of students in the module Elements of the probability theory and statistics, included in the Mathematics curriculum in 11th grade. The used teaching model allows interaction not only between the teacher and the students, but also between the students themselves. The developed instructional materials can be easily adapted for distance education.*

Keywords: *Geometric probability, Five-level teaching model, Mathematics competence.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В наши дни все повече се налага използването на различни иновативни методи на обучение, поради все по-развиващото се информационно общество. Обучаваните се нуждаят от адекватни съвременни методи за преподаване, които да отговарят на техните изисквания, потребности и нагласи.

Обучението по Математика в 11. клас е насочено към овладяване на базисни знания и умения, свързани с постигане на изискванията за резултатите от обучението по учебния предмет Математика и с изграждане на ключови компетентности на ученика. Обучението по Математика на ниво общообразователна подготовка е основа за обучението по Математика на ниво профилирана подготовка. Очакваните компетентности в края на курса *Елементи от теория на вероятностите и статистика* са:

- ✓ ученикът да разчита и интерпретира информация, представена с графики, с таблици или с диаграми,
- ✓ да знае понятието условна вероятност и да умее да го прилага за намиране вероятност на сечение на две събития,
- ✓ да знае понятието геометрична вероятност и да умее да я намира в конкретни ситуации върху правата и в равнината [4].

[15] Докладът е представен на конференция на Русенския университет на 28 октомври 2022 г. в секция Образование – изследвания и иновации с оригинално заглавие на български език: ТЕМАТА ГЕОМЕТРИЧНА ВЕРОЯТНОСТ В РАВНИНАТА И ПРОСТРАНСТВОТО В УЧИЛИЩНИЯ КУРС ПО МАТЕМАТИКА.

Въпросът за ефективността на учебния процес е изключително важен в съвременната педагогическа психология. Неговото решение е свързано с търсенето и намирането на най-подходящи условия за провеждането на учебния процес при всяка конкретна обстановка.

При обучението основно значение има взаимодействието между обучаващия и учещите, както и между самите учещи, което ги поставя в активна позиция. Реализирането на различни дейности в учебния процес води до превръщане на учещия в партньор на преподавателя и повишава неговата мотивация за учене. Това реално се постига чрез използването на многообразие от методи, определяни като интерактивни.

Интерактивно базираното обучение е диалогово обучение, в хода на което се осъществява взаимодействие между обучаващия и обучавания, и предполага взаимно разбиране, съвместно решаване на общи, но значими за всеки участник задачи [3].

Подходящ за обучението по Математика е Петстепенният модел, който се базира на основните нива в Пирамидата на ученето и включва следните степени [3]:

1. Основни понятия по темата - определения и теореми;
2. Връзки с изучени теми и / или междупредметни връзки;
3. Технология за решаване на задачи по темата;
4. Придобиване на умения - приложение на теорията;
5. Разширяване на уменията - самостоятелна работа / работа в екип.

На **първо ниво** преподавателят дава определения на основните понятия по темата, формулира теореми, твърдения и следствия. Това е пасивно ниво, на което обучаваните навлизат в тематиката.

На **второ ниво** преподавателят обвързва новата тема с познати и изучени теми и задава междупредметни връзки, ако има такива. Целта е обучаваните да осмислят по-лесно новите понятия, като ги свързват с нещо познато. Това е пасивно ниво.

На **трето ниво** преподавателят демонстрира методи, показва технологията за решаване на конкретни задачи по темата, използва формули и таблици. Демонстрацията е първото активно ниво според Пирамидата на ученето.

На **четвърто ниво** обучаваните дискутират и обсъждат различни задачи, подбрани от преподавателя, предлагат решения, прилагат новоусвоените техники под ръководството на преподавателя и анализират получените резултати. Това е активно ниво.

На **пето ниво** обучаваните решават задачи по темата самостоятелно. Преподавателят е пасивен - отговаря на възникнали въпроси, дава насоки и предложения, получава обратна връзка (рефлексия) чрез анализиране и дискутиране на получените резултати. За обучаваните това ниво е най-ефективното според Пирамидата на учене. Те прилагат на практика наученото и задълбочават нивото на разбиране по темата.

Темата за *Геометрична вероятност в равнината и пространството* е разработена, съобразно етапите на Петстепенния модел [6].

ИЗЛОЖЕНИЕ

I. В **първото ниво на модела** е задължително преподаващият да въведе обучаваните в темата, като даде определения на основните понятия, формулира нужните теореми, твърдения и следствия. Тъй като това е пасивно ниво, на което учащите навлизат в тематиката, преподавателят има възможност да използва разнообразни иновативни техники и технологии.

Въз основа на един от основните принципи на конструктивизма, който гласи, че учебникът не е основен източник на информация, преподаващият би могъл да поднесе теоретичния материал под формата на презентация, документ в електронен формат или аудио-видео материал. За целта би могъл да използва иновативни компютърни технологии като мултимедиен проектор, интерактивна дъска, индивидуални работни станции или таблети, ако обучението се провежда в оборудвана компютърна зала или да споделя текстови и / или видео файлове при електронно обучение [3].

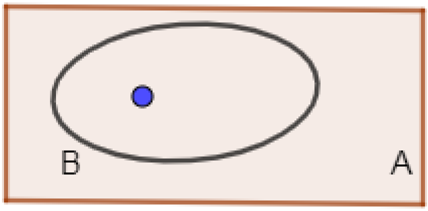
Без значение от техниката на обучаване и използваните технологии, задължително е учащите да получат следните основни теоретични познания по темата:

1. Въведение в темата.

Когато се разглежда темата Геометричната вероятност в равнината и пространството, елементарните събития са геометрични обекти като отсечки, окръжности, елипсоиди и др. Решаването на този тип задачи се свежда към случаен избор от подходящи обекти в евклидови пространства със съответната размерност [1].

Понятието геометрична вероятност в равнината се дефинира като отношение на лица на фигури, като една точка се избира произволно от дадена област в равнината [7].

2. Определение 1. Дадени са фигурите A и B (Фиг. 1). По случаен начин се избира точка от фигурата B. Вероятността избраната точка да е от фигурата B, не зависи от формата на тази фигура и от това къде тя е разположена върху фигурата A, а само от лицата на двете фигури, и се пресмята по формулата $P = \frac{S(B)}{S(A)}$ [5].



Фиг.1

II. Във **второто ниво на модела** новата тема се обвързва с познати и изучени теми и се задават междупредметни връзки, ако има такива. Целта е обучаваните да осмислят по-лесно новите понятия, като ги свързват с нещо познато. Тъй като това е пасивно ниво, удачно е преподавателят да продължи да използва техниките и технологиите, които е прилагал в първото ниво на модела.

Подходящи връзки с изучени теми са:

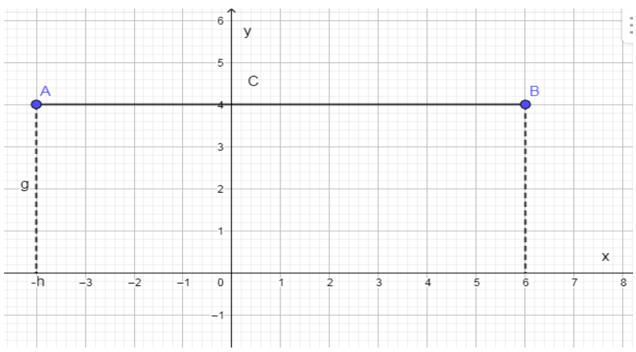
- Пермутации, вариации и комбинации;
- Геометрична вероятност;
- Геометрична вероятност върху права.

III. В **трето ниво на модела** преподаващият представя методи и техники за решаване на конкретни задачи по темата *Геометрична вероятност в равнината и пространството*. Той прилага формули, с които обучаваните разполагат предварително.

Необходимо е това ниво да започне с лесни примери, които имат пряка връзка с вече изучени теми.

Пример 1. В правоъгълна координатна система Oxy са дадени точките $A(-4; 4)$ и $B(6; 4)$. По случаен начин се избира точка от отсечката AB (Фиг.2). Да се намери вероятността тя да лежи в първи квадрант.

Решение:



Фиг.2

Отсечката AB пресича ординатната ос в точка $C(0; 4)$.

$|AB| = |x_B - x_A| = |6 - (-4)| = 10$ м.ед.

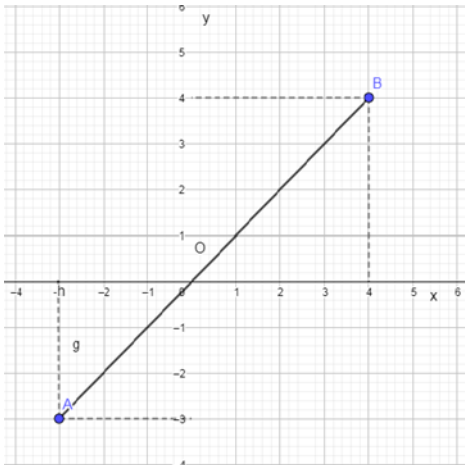
Частта от отсечката AB, която лежи в първи квадрант, е отсечката BC.

$|BC| = |x_C - x_B| = |6 - 0| = 6$ м.ед.

Търсената вероятност е $P = \frac{|BC|}{|AB|} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$.

Пример 2. В правоъгълна координатна система Oxy е построена графиката на функцията $y = x$ и върху нея са отблязани точките $A(-3; -3)$ и $B(4; 4)$. По случаен начин се избира точка от отсечката AB (Фиг.3). Да се намери вероятността тя да лежи в трети квадрант.

Решение:



Фиг. 3

Дължината на отсечката AB е равна на сбора на дължините на отсечките OA и OB.

$$|OA| = \sqrt{(-3-0)^2 + (-3-0)^2} = 3\sqrt{2} \text{ м.ед.}$$

$$|OB| = \sqrt{(4-0)^2 + (4-0)^2} = 4\sqrt{2} \text{ м.ед.}$$

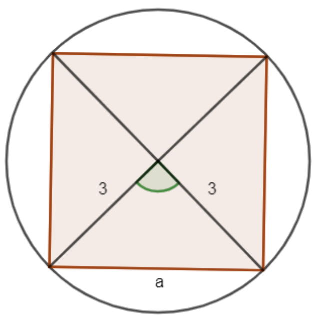
$$\Rightarrow |AB| = |OA| + |OB| = 3\sqrt{2} + 4\sqrt{2} = 7\sqrt{2} \text{ м.ед.}$$

Частта от отсечката AB, която лежи в трети квадрант е OA.

$P = \frac{|OA|}{|AB|} = \frac{3\sqrt{2}}{7\sqrt{2}} = \frac{3}{7}$.

Пример 3. В кръг с радиус 3 см е вписан квадрат (Фиг.4). Да се намери вероятността случайно избрана точка от кръга да лежи във вътрешността на квадрата.

Решение: Търсената вероятност е равна на отношението на лицето на квадрата (благоприятни изходи) към лицето на кръга (всички изходи):



Фиг.4

$$S_o = \pi r^2 = \pi . 3^2 = 9\pi \ см^2$$

$$S_k = a^2 = 18 \ см^2$$

$$P = \frac{S_k}{S_o} = \frac{18}{9\pi} = \frac{2}{\pi}$$

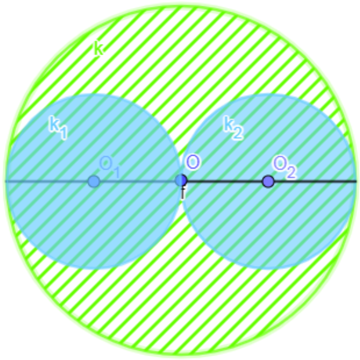
IV. В **четвърто ниво на модела** се дава възможност на учащите да дискутират и обсъждат различни задачи, подбрани от преподавателя. Те предлагат решения, прилагат новоусвоените техники под негово ръководството и анализират получените резултати. Това също е активно ниво според Пирамидата на ученето [2].

Подходящи за това ниво са следните задачи:

Задача 1. Кръговете на Фиг.5 са $k(O;r), k_1(O_1;r_1)$ и $k_2(O_2;r_2)$. Да се намери вероятността случайно избрана точка от кръга k да е от защрихованата му част.

Решение:

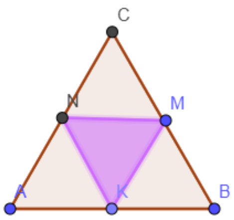
$$r_1 = r, S(k_1) = \pi.r^2$$
$$r_2 = r, S(k_2) = \pi.r^2$$
$$R = 2.r, S(k) = \pi.(2r)^2 = 4.\pi.r^2$$
$$S_z = S(k) - (S(k_1) + S(k_2)) = 2.\pi.r^2$$
$$P = \frac{S_z}{S(k)} = \frac{2.\pi.r^2}{4.\pi.r^2} = \frac{1}{2}.$$



Фиг.5

Задача 2. Във вътрешността на $\triangle ABC$ се избира по случаен начин точка Q. Да се намери вероятността точка Q да е от вътрешността на триъгълник, върховете на който са среди на страните на $\triangle ABC$ (Фиг.6).

Решение:



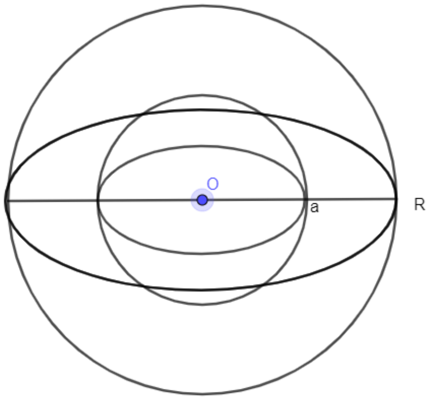
Фиг.6

Нека точките K, Mи N са съответно среди на страните AB, BC, CA на $\triangle ABC$ Средните отсечки KM, MN, NK разделят $\triangle ABC$ на 4 еднакви триъгълника

$$\Rightarrow P = \frac{S_{\triangle KMN}}{S_{\triangle ABC}} = \frac{S_{\triangle KMN}}{4.S_{\triangle KMN}} = \frac{1}{4}.$$

Задача 3. В сфера с радиус R случайно и независимо една от друга са разположени N точки. Да се намери вероятността, разстоянието от центъра на сферата до най-близката точка да не е по-малко от a , където $0 < a < R$ (Задача от звездната астрономия).

Решение: Предполага се, че в сферата има една точка. Обемът на сферата е $V = \frac{4\pi R^3}{3}$. Частта от сферата (Фиг.7), в която е допустимо събитието A: {разстоянието до центъра да не е по-малко от a } има обем V_1



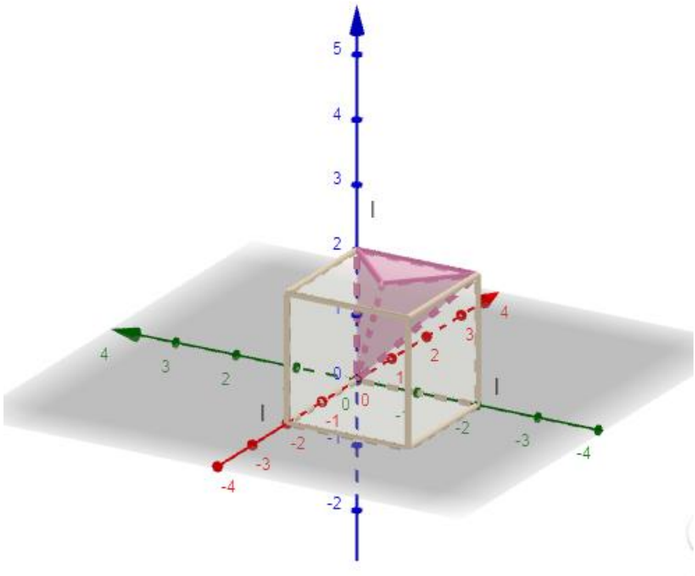
Фиг.7

$V_1 = \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi a^3 = \frac{4}{3}\pi(R^3 - a^3)$.

Следователно, $P(A) = \frac{V_1}{V} = \frac{4\pi(R^3-a^3)/3}{4\pi R^3/3} = \left[1 - \left(\frac{a}{R}\right)^3\right]$. Но в сферата са разположени независимо N точки (с равни вероятности за разстояние до т. O). Следователно, вероятността всички точки да са на разстояние не по-малко от a е $P = \left[1 - \left(\frac{a}{R}\right)^3\right]^N$.

Задача 4. Каква е вероятността от три произволно взети отсечки с дължини, не по-големи от l, да е възможно да се построи триъгълник?

Решение:



Фиг.8

Нека x, y и z са дължините на трите случайно избрани отсечки. Предполага се, че $x \leq y \leq z$. Всяка точка, чиито координати x, y и z удовлетворяват неравенствата $x \leq l, y \leq l, z \leq l$, лежи във вътрешността на куб T със страна l и обем $V_2 = l^3$ (Фиг.8).

От геометрията е известно, че неравенството $x + y > z$ е необходимо условие трите отсечки x, y и z да образуват триъгълник.

Трите неравенства се удовлетворяват едновременно само от координатите на точките на оцветената пирамида T_1 от Фиг. 8. Обемът на тази пирамида е $V_1 = \frac{l^3}{12}$. От определението за геометрична вероятност следва, че $P = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{l^3}{12}}{l^3} = \frac{1}{12}$.

V. В **пето ниво на модела** обучаваните решават задачи по темата самостоятелно. Преподавателят заема пасивна роля - отговаря на възникнали въпроси и дава насоки при решаването на задачите. В този етап е важно преподавателят да получи обратна връзка за степента на усвояване на новия материал от обучавание чрез дискусия и анализ на получените отговори. Избраните от обучавателя задачи са подходящи за самостоятелна домашна работа или за работа в екипи. Това ниво е най-ефективното според Пирамидата на ученето. Учащите прилагат на практика наученото и задълбочават нивото на разбиране по съответната тема [3].

Подходящи задачи за самостоятелна и / или екипна работа са следните:

Задача 1. Метален проводник с дължина 20 см е сгънат в случайно избрана точка. След това с прегъване на по-дългата част на още 2 места е направена правоъгълна рамка. Да се определи вероятността лицето на получената рамка да не надвишава $21см.^2$

Задача 2. В кръг е вписан квадрат. Да се намери вероятността случайно хвърлена топка в кръга да се окаже вътре в квадрата.

Задача 3. Върху кълбо е нанесена географска координатна мрежа. Кълбото се хвърля върху равнина. Да се намери вероятността точката на първия допир на кълбото с равнината да се намира между 0^0 и 90^0 източна дължина.

Задача 4. В равнина са дадени окръжност $K(O,R)$ и един нейн диаметър CD. Случайна права от равнината пресича окръжността. Каква е вероятността тази права да пресича диаметъра?

Задача 5. В равнината е даден квадрат Q, а средите на страните му са върхове на квадрата Q_1. Случайна права от равнината пресича квадрата Q. Да се намери вероятността тя да пресича и квадрата Q_1.

ИЗВОДИ

Настоящата статия, базирана на Петстепенния модел, предложен от А. Лечева за обучение по математика [3], е подходяща за въвеждане, задълбочаване и разширяване на знанията и уменията на учениците по темата *Геометрична вероятност в равнината и пространството.* Разработеният учебен материал лесно може да се адаптира за провеждане на дистанционно (електронно) обучение.

Интерактивността, заложена в Петстепенния модел, дава възможност за взаимодействие както между преподавателя и обучаваните, така и между самите обучавани в диалогов режим. В учебната стая (традиционна или електронна) могат да се използват методи на обучение, съчетаващи различни иновативни комуникативни технологии.

БЛАГОДАРНОСТ

Това изследване е подкрепено от проект 2022-ФПНО-03, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

REFERENCES

Bojadjiev L., „Higher Mathematics 4“, Ciela, 1999, ISBN:954-649-232-9 (***Оригинално заглавие:*** Бояджиев Л., *„Висша математика 4”,* Сиела,1999, ISBN:954-649-232-9).

Learning pyramid (October, 2021) https://www.educationcorner.com/the-learning-pyramid.html.

Lecheva, A., A five-level model of teaching mathematics based on constructivism and interactivity (2021), PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 6.4, pp. 59-64 (***Оригинално заглавие:*** *Петстепенен модел на обучение по математика, базиран на конструктивизма и интерактивността, Научна конференция на Русенски университет (2021),* том 60, книга 6.4, стр. 59-64, ISBN: 2603-4123).

Ministry of Education and Science - *Министерство на образованието и науката*, https://www.mon.bg/.

Paskaleva Z., “Mathematics 9-th grade – general education”, Arhimed, 2018 (***Оригинално заглавие:*** Паскалева З., *„Математика 11 клас – общообразователна подготовка”*, Архимед, 2018, ISBN: 978-954-779-213-5).

Petrova, L., scientific advisors Anna Lecheva and Veselina Evtimova, Theory of probabilities and statistics in the school course in Mathematics (2022), Master degree project, Univercity of Ruse, (***Оригинално заглавие: Теория на вероятностите и статистиката в училищния курс по Математика****,* Дипломен проект, Русенски университет (2022)).

Sugarev Z., “Probability theory”, Science and Art, Sofia, 1974 (***Оригинално заглавие:*** Сугарев З., „*Теория на вероятностите“,* Наука и изкуство, София, 1974).