



ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ „НЕОФИТ
РИЛСКИ”
ПРИРОДО-МАТЕМАТИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ,
Катедра „Информатика“
гр. Благоевград

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация на тема:

**STEM КАТО МОТИВАТОР ЗА ОБУЧЕНИЕТО ПО
МАТЕМАТИКА ПРИ ПРЕХОДА ОТ 9 В 10 КЛАС**

АХАРОН ГОЛДРАЙХ

за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
по ПН 1.3 "Методика на обучението по математика и информатика"

Научен ръководител:
доц. д-р Елена Каращранова

Благоевград
2024 г.

Дисертацията съдържа 114 страници, и се състои от 8 глави: преглед, въведение към дисертацията, преглед на литературата за текущото състояние - преглед на STEM образованието в световен мащаб, преглед на STEM образованието в Израел, както и целта и методологията на изследването. Дисертацията е обобщена в глава с констатации и дискусия. Съдържанието на всяка глава е разделено на отделни раздели.

Започва със съдържание и съдържа 25 фигури и 8 таблици. Завършва с 3 приложения и списък с литература. Списъкът с изпозваната литература се състои от 125 източника на английски и иврит.

Авторът на дисертацията е инженер, който е бил обучен да преподава математика на високо ниво в гимназията, инструктор на учители от името на Министерството на образованието на Израел, и ръководител на обучение на учители.

Защитата на дисертацията ще се проведе на 13.02. 2025 г. от часа в 1432 зала (УК1) на Югозападния университет „Неофит Рилски“, гр. Благоевград.

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА	4
II. ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА	9
III. РЕЗЮМЕ НА ДИСЕРТАЦИЯТА.....	10
IV. ДИСЕРТАЦИОНЕН ПРИНОС.....	28
V. ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИЯТА	28
VI. ЛИТЕРАТУРА.....	29

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

A. ВЪВЕДЕНИЕ

В това проучване изследвахме ефектите от интегрирането на STEM модули в часовете по математика в девети клас в държавата Израел, върху мотивацията на учениците да учат математика.

За тази цел сформирахме общност от учители, които написаха STEM модули, които включваха научни приложения от ежедневната среда на учениците и в които учениците научиха за полезността на математиката в девети клас при решаването на проблеми в реалния свят. Учителите проведоха тези часове в своите класни стаи през учебната година .Учениците попълниха мотивационни въпросници преди началото на програмата и в края, за да можем да анализираме промяната в мотивационните компоненти след програмата .

Учителите също попълниха въпросник в края на проекта, което ни позволи да анализираме отношението им към проекта както от тях самите като учители, така и от гледна точка на учениците .

Повечето STEM програми се намират извън класната стая по математика, и не са интегрирани в нея или предоставени от самите учители по математика. Уникалността на това проучване е, че STEM модулите се предоставят от учителите по математика по време на уроците по математика, така че може да се очаква по-голямо въздействие.

В този документ ние предоставяме общ преглед на развитието на STEM образованието в света, и влиянието на пола върху него. Представяме състоянието на STEM образованието в държавата Израел, като се фокусираме върху предизвикателствата и съществуващите планове за действие. След това представяме изследователската методология, изследователския процес и 5-те STEM модула, написани от специално създадената общност от учители. След това са представени резултатите от въпросниците, попълнени от учениците и учителите, анализът на резултатите и заключенията .

В. АКТУАЛНОСТ НА ИЗСЛЕДВАНАТА ТЕМА

Държавата Израел е международно призната като „стартираща нация“ (Drori & Netivi, 2013), страна, в която броят на успешните стартиращи компании спрямо броя на населението е значително по-висок, отколкото в други страни в света, и на второ място в света след Силициевата долина в Калифорния, САЩ. Въпреки това, процентът на населението, работещо в STEM професии в Израел, е само около 9%. Ландман (Landman, 2017) откри, че основната пречка в STEM изследванията като цяло, а и във високо ниво на математика, особено в държавата Израел, е в прогимназията и в прехода от прогимназия към гимназия. През последните години мотивацията на учениците в Израел да изберат да учат математика на високо ниво е намаляла, главно защото не разбират ползите и полезността на това обучение.

Представянето на учениците в тестовете PISA не е в горната група, а едва в третата група (OECD 2022). Проучванията PISA, проведени на 15-годишна възраст, се считат за най-успешните предиктори на "успеха в живота". Тези проучвания изследват, наред с други неща, уменията за грамотност и използването на математически разсъждения за решаване на сложни реалистични проблеми. Анализът на проучванията от PISA показва, че има връзка между учебните програми, които комбинират математически умения и мултидисциплинарно решаване на проблеми и успех на тестовете, за разлика от основно дисциплинарното обучение, което не води до успех при задачите, включени в тези изследвания.

Математическите умения и STEM вървят ръка за ръка в средното училище (английски, 2016, Leung 2020). Разширяването на практиката по тези предмети в часовете по математика в прогимназията демонстрира значението на математиката в реалния, ежедневен живот, демонстрира практиката на STEM предметите в света на работата и кариерата, развива умения за решаване на проблеми, повишава удовлетвореността на учителите от преподаването на предмета и най-важното, позволява на повече

ученици да избират пътища за изучаване на STEM и математика на високо ниво в гимназията. Това може да проправи пътя им към академичните среди и работната сила.

C. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Основата на изследването е тезата, че ако накараме ученици и учители да се включат в приобщаващи STEM предмети, подходящи за тяхната ежедневна реалност в 9. клас, ще можем да повлияем на отношението им към тези предмети, особено математиката, тяхната важност, чувство за компетентност и тяхната мотивация и това ще окаже положително влияние върху избора на учениците на специалности в областта на математиката и природните науки. И така, изследователският въпрос е: **„Може ли STEM обучението в 9-ти клас да бъде мотиватор за учене на математика?“**

D. ИЗСЛЕДВАН ПРОБЛЕМ

Много проучвания показват, че преходът от прогимназия към гимназия е критична точка на преход за учениците. Една значителна фигура в този преход е драматичният спад в броя на учениците, които изучават математика на високо ниво, което също съответства на броя на учениците, избиращи природни предмети в гимназията. Причините за този драматичен спад са проучени, и е установено, че основните причини са изборът на учениците, и съзнателните и несъзнателните решения на учителите, като например:

1. Какво правим с тези професии като цяло? Защо е важно?
2. Защо трябва да уча трудните предмети, а не по-лесните? Мога ли да го направя?
3. Защо трябва да инвестирам времето си в обучение, а не в култура на свободното време? Какво печеля от това?
4. Явни и скрити, съзнателни и несъзнателни учители, които от недоверие в способностите на учениците ги насочват към ненаучни области.

5. Явни и скрити полови стигми, които насочват момичетата към ненаучни кариери.

Това означава, че три основни фактора влияят върху решенията на учениците да изучават тези предмети в средното ниво: чувство за уместност на предмета, чувство за собствена ефективност, и мотивация за инвестиране в обучението.

Е. АРГУМЕНТ НА АВТОРА

Основата на изследването в тази дисертация е тезата, че ако накараме учениците и учителите да участват в приобщаващи STEM предмети, подходящи за тяхната ежедневна реалност в 9-ти клас, ще можем да повлияем на отношението им към тези предмети, особено към математиката, техните важност, чувството им за компетентност и мотивацията им и това да окаже положително влияние върху избора на учениците на специалности в областта на математиката и природните науки.

Много проучвания посочват голямото значение на STEM образованието в прогимназията като двигател на растежа за обществото и отделните хора през 21-ви век. Това проучване ще предостави доказателства за потвърждаване или опровергаване на хипотезата, че мотивацията на учениците да изучават математика и природни науки в гимназията може да се повиши, когато учениците от 9-ти клас и техните учители прилагат учебни модули по теми, свързани с ежедневието им, като използват метода PBL в STEM.

В допълнение, проучването ще идентифицира всякакви предубеждения свързани с пола в този модел и ще предостави инструменти за насочване на инвестиране към женското население.

Очакваните резултати от проучването са, че програмата за интервенция е била успешна и е постигнала целите си чрез увеличаване на броя на учениците, които избират да учат природни науки и математика на високо ниво в гимназията, като променят възприятията и отношението си към тези предмети. Това ще засили усещането на учениците за собствените им

способности, ще подобри възприятието им за уместността на тези предмети и ще ги мотивира да продължат да изучават тези предмети въпреки предизвикателствата и трудностите.

F. МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

По време на изследването беше сформирана общност от учители по математика и природни науки, за да разработят учебни модули в STEM среда въз основа на предоставена от нас рамка. Учителите напътстват учениците си да изучат тези модули в клас. Изследването проследява класовете, учениците и учителите, които прилагат тези учебни модули; проведохме проучвания, като използвахме въпросници за нагласите и възприятията на ученици и учители относно обучението по математика на високо ниво и обучението по STEM предметите; и наблюдавахме тенденциите в нагласите преди началото на проучването, през годината, и в края на годината в подготовка за избор на пътища за обучение.

Проведохме приложно изследване в тази област, като комбинирахме изучаването на реалистични теми, свързани с ежедневието на учениците в 9^{-ти} клас, въз основа на STEM знания и умения в проблемно ориентирано обучение и изучаване на ефектите от комбинираното обучение и ангажираност с тези теми върху възприятието на ученици и учители, както и върху избора на учебни предмети от страна на учениците в началото на 10^{-ти} клас.

Примери за интегративни учебни модули, базирани на STEM (образование, наука, технологии и математика), които планираме да напишем и по които работим за деветокласници, включват:

1. СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ: Необходимост, техническо решение и икономически съображения;
2. ТЕЛЕВИЗОРИ С ПЛОСЪК ЕКРАН: Как работят? Какво е цвят и 4K и как изглежда математиката на екрана?
3. Система "IRON DOME": Как се прихваща вражеска ракета?

4. GPS система: Как телефонът ми знае къде съм и какъв е прекият път до най-близката пицария?
5. СИСТЕМИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА АВТОМОБИЛА: Как камерата може да измери разстоянието до колата отпред?

Изследването е проведено на 3 нива:

1. Въпросници за изясняване на ефективността на процеса по отношение на три параметъра:
 - а) чувството за способност за изучаване на математика и природни науки;
 - б) възприемането на уместността на тези теми;
 - в) мотивацията за изучаване на тези предмети в гимназията.

Използвахме валидни въпросници от затворен тип. Въпросниците бяха дадени на учениците два пъти: преди да започнат програмата и в края на програмата, преди да бъдат разпределени в учебни групи в гимназията. Използваният въпросник е MMQ въпросник (Fiorella et al. (2021)).

2. Задълбочени интервюта на ученици: Проведохме задълбочени интервюта с ученици, за да разберем през какви процеси са преминали учениците: усещането им за способността им да учат математика и природни науки, тяхното възприемане за уместността на тези предмети, и мотивацията им да учат тези предмети в гимназията. Интервютата бяха проведени с отворени въпросници и ние разбрахме основните теми, които се появяват в тези интервюта. Проучването на отношението беше проведено преди програма и в края на програмата.
3. Задълбочени интервюта с учители: Проведохме задълбочени интервюта с учителите, за да разберем тяхното възприемане за предимствата и недостатъците на STEM обучението по отношение на учениците и самите учители. Интервютата бяха проведени с отворени въпросници и ние разбрахме основните теми, които се появяват в тези интервюта. Проучването на нагласите беше проведено в края на програмата.

Анализът на въпросниците и анализът на интервютата ни позволяват да изследваме ефективността на интервенционната програма чрез сравняване на резултатите преди и след програма.

При анализа на данните, ние проверихме дали програмата има по-голямо въздействие върху по-добрите или по-слабите ученици в тези области и най-важното, ние също се опитахме в изследването да открием предразсъдъци свързани с пола: дали полът на учениците влияе на резултатите.

Г. ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА ОБЛАСТ И ВРЕМЕНА РАМКА

Проучването е проведено в прогимназиални училища в централната област на държавата Израел.

В централния окръг на държавата Израел има около 145 прогимназии с около 425 паралелки от 9-ти клас и около 12 500 ученици. Активирахме програмата в 7 училища с 584 ученици, около 5% от техния капацитет.

Имаше 3 фази на изследването:

1. **Фаза 1** – Подготовка, 3 месеца: създаване на учителска общност и изграждане на учебни звена;
2. **Фаза 2** – изпълнение, 9 месеца: учениците усвояват учебните модули и проучването се провежда;
3. **Фаза 3** – обобщение и заключения, 3 месеца: анализирани на въпросниците и обобщаване на резултатите.



Интервенционната програма беше реализирана за учениците от 9-ти клас и продължи една учебна година, през която учебните модули се прилагат в класните стаи. В същото време се изпращаха и въпросниците.

- 1-ва сесия: през октомври 2023 г., след началото на учебната година, и преди началото на интервенционната програма.
- 2-ра сесия: през юни 2023 г., към края на учебната година и програмата за интервенция, и класирането в учебни групи за 10^{-ти} клас.

II. ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Структурата на дисертацията се състои от 8 глави: обзор, увод на дисертацията, литературен преглед на текущото състояние - преглед на STEM образованието, преглед на STEM образованието в Израел, целта и методологията на изследването, глава с констатации и дискусия, както и списък с приложения и препратки. Съдържанието на всяка глава е разделено на отделни раздели.

Констатациите съдържат 8 таблици и 10 фигури. Списъкът с литературните източници се състои от 125 модула на английски и на иврит.

III. РЕЗЮМЕ НА ДИСЕРТАЦИЯ

A. ВЪВЕДЕНИЕ

Държавата Израел е международно призната като „стартираща нация“ (Drori & Netivi, 2013), страна, в която броят на успешните стартиращи компании спрямо броя на населението е значително по-висок, отколкото в други страни по света и на второ място в света след Силициевата долина в Калифорния, САЩ. Въпреки това, процентът на населението, работещо в STEM професии в Израел, е само около 9%. Ландман (Landman, 2017) откри, че основната пречка в STEM изследванията като цяло, както и в математиката от високо ниво, особено в държавата Израел, е в прогимназията и в прехода от прогимназия към гимназия.

През последните години, мотивацията на учениците в Израел да изберат да учат математика на високо ниво е намаляла, предимно защото не разбират ползите и полезността на това обучение.

Представянето на учениците в тестовете PISA не е в горната група, а едва в третата група (OECD 2022). Проучванията PISA, проведени на 15-годишна възраст, се считат за най-успешните предиктори на "успеха в живота". Тези проучвания изследват, наред с други неща, уменията за грамотност и използването на математически разсъждения за решаване на сложни реалистични проблеми. Анализът на проучванията от PISA показва, че има връзка между учебните програми, които комбинират математически умения и мултидисциплинарно решаване на проблеми и успех на тестовете, за разлика от основно дисциплинарното обучение, което не води до успех при задачите, включени в тези изследвания.

Математическите умения и STEM вървят ръка за ръка в средното училище (английски, 2016, Leung 2020). Разширяването на практиката по тези предмети в часовете по математика в прогимназията демонстрира значението на математиката в реалния, ежедневен живот, демонстрира практиката на STEM предметите в света на работата и кариерата, развива умения за решаване на проблеми, повишава удовлетвореността на учителите от преподаването на предмета и най-важното, позволява на повече ученици да изберат пътища за изучаване на STEM и математика на високо ниво в гимназията. Това може да проправи пътя им към академичните среди и работната сила.

Много проучвания показват, че преходът от прогимназия към гимназия е критична точка на преход за учениците. Една драматична фигура в този преход е драстичният спад в броя на учениците, които изучават математика на високо ниво, който също съответства на броя на учениците, избиращи научни дисциплини в гимназията. Причините за този драстичен спад са проучени и е установено, че основните причини са изборът на учениците и съзнателните и несъзнателните решения на учителите, като например:

1. Какво правим с тези професии като цяло? Защо е важно?
2. Защо трябва да уча трудните предмети, а не полесните? Мога ли да се справя?
3. Защо трябва да инвестирам времето си в обучение, а не в култура на свободното време? Какво печеля от това?
4. Явни и скрити, съзнателни и несъзнателни учители, които от недоверие в способностите на учениците ги насочват към ненаучни области.
5. Явни и скрити полови стигми, които насочват ученици от женски пол към ненаучни кариери.

Това означава, че три основни фактора влияят върху решенията на учениците да изучават тези предмети в средното ниво: чувство за значимост на предмета, чувство за собствена ефективност, и мотивация за инвестиране в обучението.

Основата на проучването в настоящата работа е тезата, че ако накараме учениците и учителите да участват в приобщаващи STEM предмети, релевантни на тяхното ежедневие в 9^{-ти} клас, ще можем да повлияем на отношението им към тези предмети, особено математиката, тяхната важност, чувството им за компетентност и мотивацията им и по този начин да влияят положително върху избора на учениците на специалности в областта на математиката и природните науки.

По време на изследването беше сформирана общност от учители по математика и природни науки, за да разработят учебни модули в STEM среда въз основа на предоставена от нас рамка. Учителите напътстват учениците си да научат тези модули в клас. Изследването проследява класовете, учениците и учителите, които прилагат тези учебни модули; ние провеждаме проучвания, като използваме въпросници за нагласите и възприятията на ученици и учители относно обучението по математика на високо ниво и обучението по STEM предметите и наблюдаваме тенденциите в нагласите преди началото на проучването, по време на годината и в края на годината при подготовка за избор на пътища за обучение.

В. ЦЕЛИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследователският въпрос

Основата на изследването е тезата, че ако накараме ученици и учители да се включат в приобщаващи STEM предмети свързани с тяхното ежедневие в 9^{-ти} клас, ще можем да повлияем на отношението им към тези предмети, особено към математиката, тяхната важност, чувството им за компетентност и тяхната мотивация и по този начин да повлияем положително върху избора на учениците на специалности в областта на математиката и природните науки. И така, изследователският въпрос е: „**Може ли STEM обучението в 9^{-ти} клас да бъде мотиватор за учене по математика?**“

Уникалност на изследването

Повечето STEM програми се намират извън класната стая по математика, те не са интегрирани в нея или са предоставени от самите учители по математика. Уникалността на това проучване е, че STEM модулите се предоставят от учителите по време на уроците по математика, така че може да се очаква по-голямо въздействие.

С. ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЦЕС И СУБЕКТИ

Методология на изследването

По време на изследването беше сформирана общност от учители по математика и природни науки, които да разработят учебни модули в STEM среда въз основа на предоставена от нас рамка. Учителите напътстват учениците си да научат тези модули в клас. Изследването проследява класовете, учениците и учителите, които прилагат тези учебни модули; проведохме проучвания, като използвахме въпросници за нагласите и възприятията на ученици и учители относно обучението по математика на високо ниво, и обучението по STEM предмети и

наблюдавахме тенденциите в нагласите преди началото на проучването, по време на учебната година, както и в края на учебната година при подготовка за избор на направления за обучение.

Изследването се провежда на 3 нива:

1. Въпросници за изясняване на ефективността на процеса по отношение на три параметъра:
 - a) чувството за способност за изучаване на математика и природни науки,
 - b) възприемането на значимостта на тези теми,
 - c) мотивацията за изучаване на тези предмети в гимназията.

Използвахме валидни въпросници със затворен край. Въпросниците бяха дадени на учениците два пъти: преди да започнат програмата за интервенция и в края на програмата, преди да бъдат разпределени в групи за обучение в гимназията. Въпросникът, който беше използван, е MMQ въпросник (Fiorella et al. (2021)).

2. Задълбочени интервюта на ученици: Проведохме задълбочени интервюта с ученици, за да разберем през какви процеси са преминали учениците: усещането им за способността им да учат математика и природни науки, тяхното възприятие за значимостта на тези предмети и мотивацията им да изучават тези предмети в гимназията. Интервютата бяха проведени с отворени въпросници, и ние разбрахме основните теми, които се появяват в тези интервюта. Проучването на отношението беше проведено преди интервенционната програма, и в края на програмата.
3. Задълбочени интервюта с учители: Проведохме задълбочени интервюта с учителите, за да разберем тяхното възприятие за предимствата и недостатъците на STEM обучението по отношение на учениците и самите учители. Интервютата бяха проведени с отворени въпросници, и ние разбрахме основните теми, които се

появяват в тези интервюта. Проучването на нагласите беше проведено в края на програмата.

Анализът на въпросниците и анализът на интервютата ни позволяват да изследваме ефективността на интервенционната програма чрез сравняване на резултатите преди и след интервенционната програма. При анализа на данните, ние проверяваме дали програмата има по-голямо въздействие върху по-силните или по-слабите ученици в тези области и най-важното, опитахме се също така да открием предразсъдъци по отношение на пола в изследването: дали полът на ученика оказва влияние върху резултатите .

План за изследването

Основата на изследването е тезата, че ако накараме ученици и учители да се включат в приобщаващи STEM предмети, подходящи за тяхната ежедневна реалност в 9^{-ти} клас, ще можем да повлияем на отношението им към тези предмети, тяхната важност, чувството им за компетентност и тяхната мотивация и по този начин да повлияем положително върху избора на учениците на специалности в областта на математиката и природните науки.

Проведохме приложно изследване в тази област, като комбинирахме изучаването на реалистични теми, свързани с ежедневния живот на учениците в 9^{-ти} клас, въз основа на STEM знания и умения в проблемно базирано обучение. Изследвахме ефектите от комбинираното обучение и ангажираност с тези теми върху възприятията ученици и учители, както и върху избора на учебни предмети от страна на учениците в началото на 10^{-ти} клас.

Примери за интегративни учебни модули, базирани на STEM (образование, наука, технологии и математика), които планираме да напишем, и по които да работим за деветокласници, включват.

1. СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ: Необходимост, техническо решение и икономически съображения;

2. ТЕЛЕВИЗОРИ С ПЛОСЪК ЕКРАН: Как работят? Какво е цвят и 4K, и как изглежда математиката на екрана?
3. Система "IRON DOME": Как се прихваща вражеска ракета?
4. GPS система: Как телефонът ми знае къде съм и какъв е прекият път до най-близката пицария?
5. СИСТЕМИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА АВТОМОБИЛА: Как камерата може да измери разстоянието до автомобила пред мен?

При разработването на тези модули беше поставен акцент върху следните характеристики:

1. Илюстриране на процеса на преход от наука към технологии за справяне с основните проблеми, с грамотността и математиката като „език“ на процеса (Falloon и др. 2020 г., Julia & Antoli, 2019 г.);
2. Практически опит в лабораторията или чрез симулация на научни и технологични въпроси, свързани с учебния модул;
3. Интегриране на природни науки, математика и други предмети от учебната програма за 9^{-ти} клас;
4. Ръководено обучение в малки групи, използвайки подхода PBL (Problem Based Learning);
5. Комбинация от съществуващи дисциплинарни познания, съществуващи общи познания и умения за самонасочващо учене;
6. Задачи, които позволяват на всеки ученик да ги изпълни според неговото или нейното ниво на владение, с цел да се предостави на учениците успешен опит при изпълнението на задачите;
7. „Задача за обобщаване на грамотността“, която свързва придобитите знания по природни науки и математика с основния проблем, разглеждан в модула.

Всеки модул беше планиран за 3-4 урока. По време на обучението учениците се разделят на работни групи от по 2-3

ученика и изпълняват задачите, а учителите по природни науки, математика и език са наоколо, за да помагат и напътстват, ако е необходимо.

Изследването се занимава и с въпроса как да се справим с трудностите и възраженията на учителите, което се оказва един от факторите, възпрепятстващи прилагането на STEM в училищата. Учителите, чието образователно обучение и професионално развитие е еднодисциплинарно, и които са свикнали да бъдат източникът на знания в класната стая, срещат трудности при успешното възприемане и прилагане на мултидисциплинарни и интердисциплинарни подходи и PBL техники. Тази трудност се изостря, когато се очаква учителите да ръководят обучението на учениците по предмети, които традиционно не са включени в учебната програма, с която учителите са запознати. За тази цел, ние обучихме учители, които да участват в изследванията, изградихме общност от учители по математика и природни науки (Kelley & Knowles, 2016, Brand 2020), за да обсъждаме и подкрепяме внедряването и адаптирането в класните стаи, и напътствахме учениците отблизо в този процес.

Процесът, извършен с учителите в програмата

След като училищните директори одобриха прилагането на програмата в техните училища, и определиха учителите по математика и природни науки, които ще участват в програмата, беше създадена общност от учители. Общността се среща 4 пъти по време на програмата, обсъдихме STEM предмета като цяло и неговата пригодност за 9^{-ти} клас, а учителите също изпитаха учебните модули, за да могат да насочват учениците си при прилагането им.

Програмата беше придружена от екип от инструктори по математика и природни науки от Министерството на образованието на Израел, които също бяха партньори в писането и преразглеждането на някои от учебните модули в програмата.

D. АНАЛИЗ НА ДАННИ И РЕЗУЛТАТИ

Анализ на промените в мотивационните компоненти

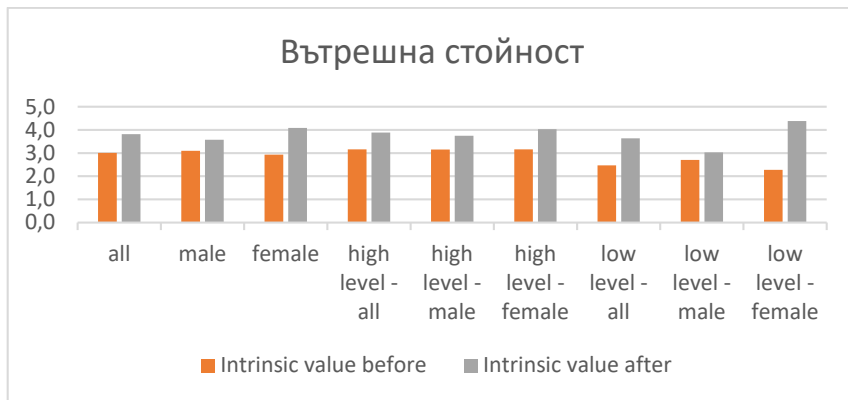
Като част от оценката на ефективността на интервенционната програма, с помощта на въпросниците бяха изследвани мотивационните компоненти на учениците за учене по математика. Скалата на стойността варира от 1 до 5, където 1 е най-ниската стойност на съгласие, а 5 е най-високата стойност на съгласие.

Таблица 1 показва средните стойности на компонентите на мотивацията, разделени на момчета и момичета, и подразделени на ученици с високо и ниско ниво по математика.

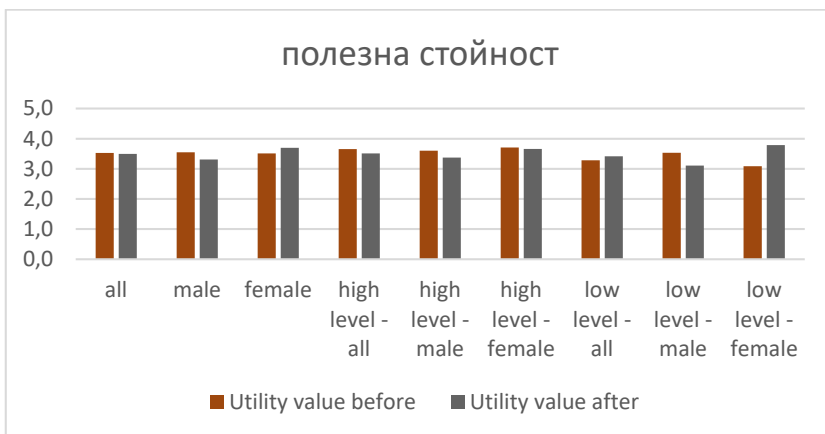
Население	№	Вътрешна стойност		Полезна стойност		Тест тревожност		Саморегулация		Самоефективност	
		преди	след	преди	след	преди	след	преди	след	преди	след
всички	584	3.0	3.8	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	4.0	3.7	3.1
мъжки	266	3.1	3.6	3.6	3.3	3.2	3.3	3.7	3.7	3.8	3.2
женски	318	2.9	4.1	3.5	3.7	3.8	3.7	4.0	4.2	3.6	3.1
ВИСОКО НИВО всички	456	3.2	3.9	3.7	3.5	3.6	3.5	3.9	4.0	3.8	3.2
ВИСОКО НИВО мъжки	213	3.2	3.7	3.6	3.4	3.2	3.4	3.7	3.7	3.8	3.4
ВИСОКО НИВО женски	243	3.2	4.0	3.7	3.7	3.8	3.6	4.1	4.3	3.8	3.0
НИСКО НИВО всички	128	2.5	3.6	3.3	3.4	3.5	3.3	3.7	3.9	3.3	2.9
НИСКО НИВО мъжки	57	2.7	3.0	3.5	3.1	3.2	3.0	3.6	3.6	3.6	2.6

НИСКО НИВО женски	71	2.3	4.4	3.1	3.8	3.7	3.8	3.7	4.2	3.1	3.3
-------------------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

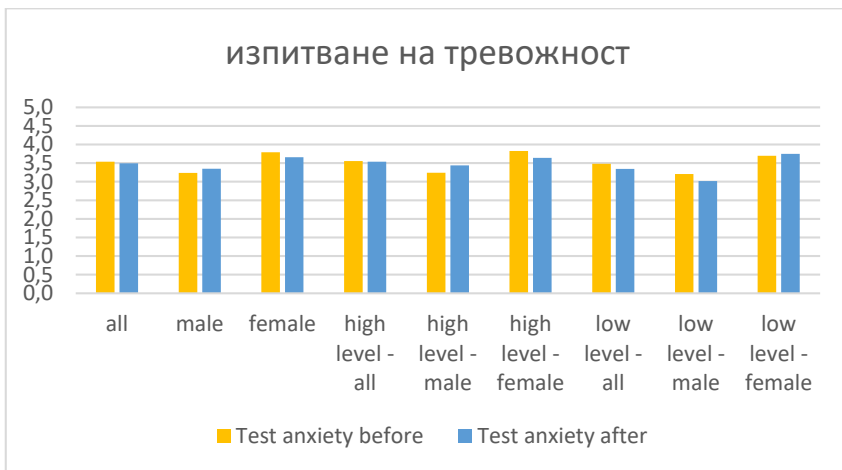
Таблица 1: Стойности на компонентите на мотивацията преди и след интервенционната програма, подразделени на подгрупи.



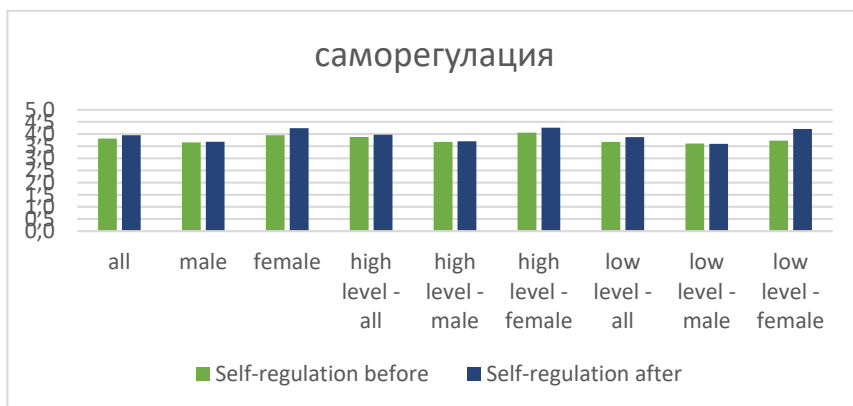
Фигура 1: Стойности на "присъщата стойност" преди/след интервенционната програма при сегментирането по подгрупи



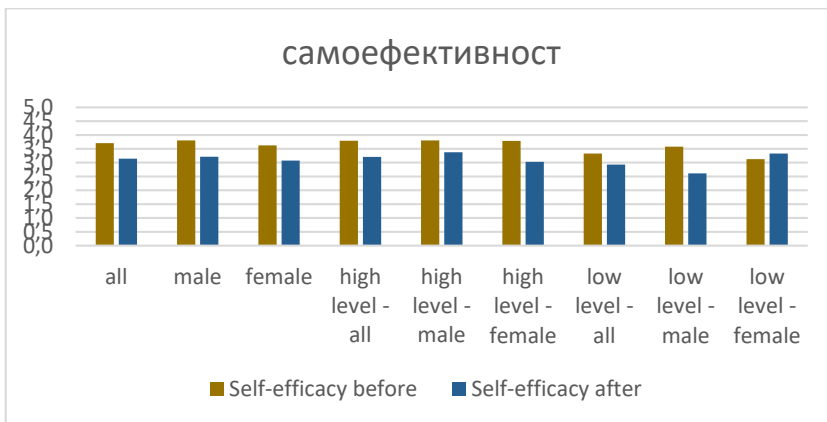
Фигура 2: Стойности на "полезна стойност" преди/след програмата за интервенция при сегментирането по подгрупи



Фигура 3: Стойности на "тестовата тревожност" преди/след интервенционната програма при сегментирането по подгрупи



Фигура 4: Стойности на "саморегулиране" преди/след интервенционната програма при сегментирането по подгрупи



Фигура 5: Стойности на "самоефективност" преди/след интервенционната програма при сегментирането по подгрупи

Можем да разделим анализа на данните в две категории мотивационни компоненти:

1. Компонентите, свързани с уместността на изучавания материал - факторите, адресирани от плана за интервенция:

присъща стойност: от данните изглежда, че стойностите на присъщата стойност са се увеличили значително във всички групи, особено сред момичетата. Например, резултатите се повишават от 3 на 3,8 в общата популация, увеличение от приблизително 26%, и от 2,4 на 4,1 при момичетата, увеличение от приблизително 70%.

полезност: не са открити значителни промени, освен в групата на момичетата, учещи на ниски нива, където има значително увеличение от 3,1 на 3,8, което съответства на увеличение от около 23%.

Едно възможно обяснение на този феномен е, че тези момичета, изучаващи математика на ниско ниво, може да са били изложени на полезността и уместността на изучаването на математика за първи път, а не просто като колекция от разочароващи формули и упражнения, за разлика от другите групи, където уместността на математиката вече е била известна.

2. Компонентите, базирани на обучаемия - факторите, които не са от значение за плана за интервенция:

тест тревожност: не са открити значителни промени.

саморегулация: леко увеличение се наблюдава главно при момичета и ученици с ниски нива на учене.

самоефективност: намаление се наблюдава във всички популации, с изключение на момичетата, учещи на ниско ниво. Възможно обяснение на този феномен може да бъде, че тези елементи тестват самочувствието на ученика в изучаването на математика. Резултатите са по-ниски, вероятно поради повишаването на нивото на проучвания, проведени през годината и е възможно сложността на STEM модулите също да е допринесла за това.

От анализа на тези данни може да се заключи, че програмата за интервенция повишава мотивационните компоненти, свързани с уместността на предмета.

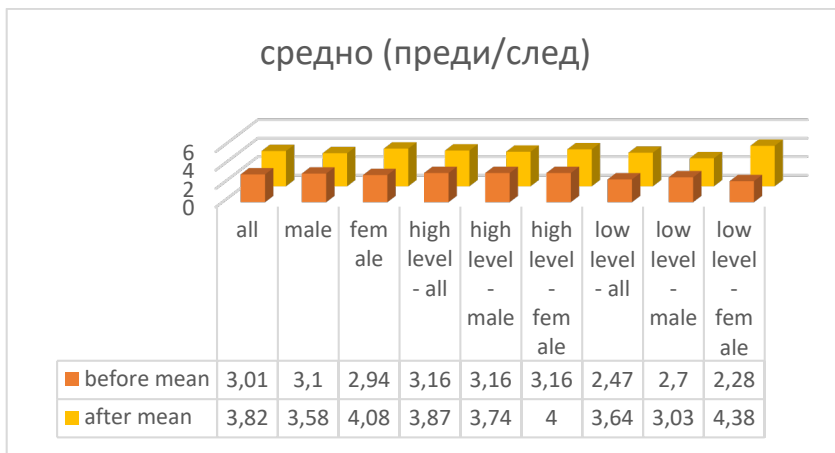
Анализ на промяната в компонента на вътрешната стойност

За да се разбере по-добре въздействието на програмата върху компонента на вътрешната стойност, който е ключовият компонент към който е насочена програмата, беше направено сравнение между средното и стандартното отклонение преди и след програмата за интервенция в различните популации.

		средно		стандартно	
групи	№	преди	след	преди	след
Всички	584	3	3.8	1.2	0,9
мъжки	266	3.1	3.6	1.2	1
женски	318	2.9	4.1	1.2	0,7
високо ниво - всички	456	3.2	3.9	1.1	0,9
високо ниво - мъжки	213	3.2	3.7	1.1	1
високо ниво - женски	243	3.2	4	1.2	0,8
ниско ниво - всички	128	2.5	3.6	1.1	0,9
ниско ниво - мъжки	57	2.7	3	1.2	0,7

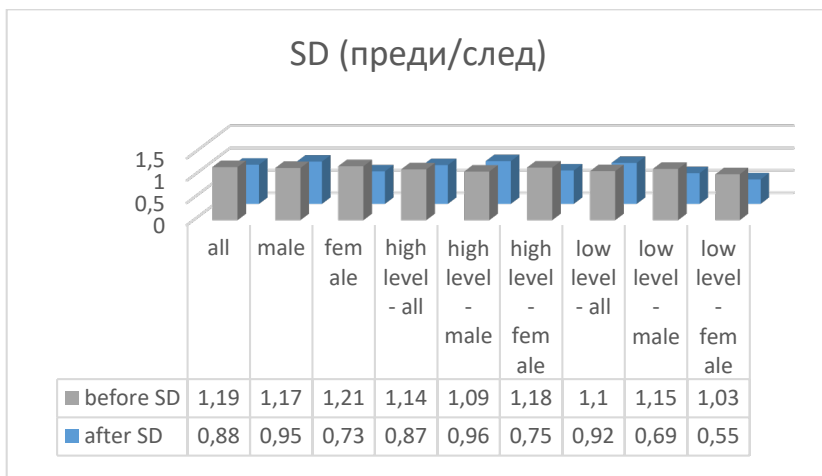
ниско ниво - женски	71	2.3	4.4	1	0,6
---------------------	----	-----	-----	---	-----

Таблица 2: Средно и стандартно отклонение на стойностите на „присъщата стойност“ преди/след интервенционната програма при сегментирането по подгрупи



Фигура 6: Средни стойности на „присъщата стойност“ преди/след интервенционната програма при сегментиране по субпопулации

От анализа на данните става ясно, че средното чувство за присъща стойност се е увеличило за всички, докато стандартното отклонение е намаляло и значимостта е нараснала. Най-значимата промяна е в женската популация, където средният резултат се е увеличил от 2,9 на 4,1, а стандартното отклонение е намаляло от 1,2 на 0,7. Когато момичетата се разделят на подгрупи, може да се види, че момичетата, учещи на високо ниво, са се увеличили от 3,2 на 4, докато стандартното отклонение е намаляло от 1,2 на 0,8, а момичетата, учещи на ниско ниво, са се увеличили от 2,3 на 4,4, докато стандартното отклонение намалява от 1 на 0,6.



Фигура 7: Стандартно отклонение на „присъщата стойност“ преди/след интервенционната програма при сегментирането по субпопулации

От анализа на тези данни става ясно, че програмата за интервенция повишава чувството за присъща стойност на изучаването на математика, като същевременно намалява разликите между чувствата на учениците.

Тествайте статистически хипотезата: „STEM повишава мотивацията за учене на математика в 9-ти клас“

За да се провери статистически хипотезата, че програмата повишава мотивацията на учениците, беше проведен t-тест с двойки проби за нивото на мотивация на групата и подгрупите преди и след програмата. Този тест сравнява средните стойности на две свързани групи (в този случай измерванията преди и след програмата), за да определи дали има статистически значима разлика между тях.

Нулевата хипотеза (H_0) е, че програмата не е подобрила нивата на мотивация на учениците, а алтернативната хипотеза (H_1) е, че програмата е подобрила мотивацията на учениците.

Таблица 3 показва данните от теста и техните резултати

Група	размер	Средно1	STD1	Средно2	Std2	t-стати-стика	df	p-стойност
Всички	584	3	1.2	3.8	0,9	18.42	583	1.3e-58
мъжки	266	3.1	1.2	3.6	1	7.61	265	7.3e-13
женски	318	2.9	1.2	4.1	0,7	18,67	317	2.2e-55

Таблица 3: Статистически тествайте хипотезата: „STEM повишава мотивацията за учене на математика в 9 клас“

Заключение: Като се има предвид изключително ниската р-стойност ($< 0,05$), ние отхвърляме нулевата хипотеза. Това показва статистически значимо подобрене в мотивацията на групата и подгрупите след програмата.

Статистическият анализ показва, че интервенционната програма значително подобрява мотивацията на групата и подгрупите по пол, както се вижда от значителното увеличение на средната оценка на мотивацията от 3 на 3,8 за всички ученици, от 3,1 на 3,6 за момчетата и от 2,9 до 4.1 за момичетата. Изключително ниската р-стойност показва, че това подобрене най-вероятно не се дължи на случайност.

Тествайте статистически хипотезата: „Момичетата приемат STEM не по-малко от момчетата в 9-ти клас“

За да се сравни дали процесът не е подобрил мотивацията на момичетата по-малко от тази на момчетата, беше проведен независим t-тест с две проби. Тестът се проведе за цялата група, както и за ученици с високо и ниско ниво по математика.

Нулевата хипотеза (H_0) е, че момчетата приемат STEM повече от момичетата, а алтернативната хипотеза (H_1) е, че момичетата приемат STEM не по-малко от момчетата.

Таблица 4 показва данните от теста и техните резултати.

Група		всички	Високо ниво	Ниско ниво
момчета	Размер	266	213	57
	Средно1	3.1	3.2	2.7
	STd1	1.2	1.1	1.2
	Средно2	3.6	3.2	3
	STd2	1.0	1	0,7
момичета	Размер	318	243	71
	Средно1	2.9	3.2	2.3
	STd1	1.2	1.2	1
	Средно2	4.1	4	4.4
	STd2	0,7	0,8	0,6
t-статистика		6.49	2.72	6.63
Степен на свобода		582	454	126
p-стойност		4.8e-10	0,0034	3.7e-10

Таблица 4: Статистически тествайте хипотезата: „Момчетата приемат STEM не по-малко от момчетата в 9^{ти} клас“

Заключение: Като се има предвид изключително ниската р-стойност ($<0,05$), ние отхвърляме нулевата хипотеза. Това означава, че подобряването на мотивацията на момичетата е статистически значимо по-голямо или поне не по-малко от подобрението на мотивацията на момчетата за всички групи и подгрупи.

Статистическият анализ показва, че процесът е подобрил мотивацията на момичетата във всички групи и подгрупи значително повече, или поне не по-малко от тази на момчетата. Изключително ниската р-стойност показва, че тази разлика най-вероятно не се дължи на случайност.

Тематичен анализ на отговорите на учениците на въпроса "Защо е важно да се изучава математика?"

Учениците отговаряха на отворения въпрос „Защо според вас е важно да се учи математика?“. Проведохме тематичен анализ на отговорите на този въпрос сред учениците, които

посочиха преди и след интервенционната програма, че изучаването на математика е важно в една или друга степен.

Въпросът във въпросника беше с отворен отговор и ние преброихме основните теми, които бяха споменати в отговорите на учениците. Освен това проведохме задълбочени интервюта с няколко ученици в програмата, и включихме в този анализ основните теми, които се появиха в тези интервюта.

Темите попадат в три групи: конкретни ползи, общи ползи и непрекъснато обучение.

Таблица 5 показва броя на препратките на учениците към важността на изучаването на математика. Изявления на ученици преди и след програмата, разделени по пол.

Тема		всички		мъжки		женски	
		преди	след	преди	след	преди	след
Конкретна употреба	основа на науката и високите технологии	24 (6%)	54 (13%)	17 (9%)	31 (17%)	7 (3%)	21 (10%)
	полезни в ежедневието	66 (16%)	98 (24%)	27 (15%)	40 (22%)	39 (18%)	58 (27%)
Обща употреба	помощ в работата и обучението	149 (37%)	127 (32%)	75 (41%)	54 (29%)	74 (34%)	74 (34%)
	помощ при постигане на успех в живота	75 (19%)	39 (10%)	31 (17%)	22 (12%)	44 (20%)	16 (7%)
Непрекъснато обучение	развитие на мисленето	72 (18%)	83 (21%)	29 (16%)	36 (20%)	43 (20%)	48 (22%)
	интереси и забавление	15 (4%)		5 (3%)		10 (5%)	
други		1 (0%)					

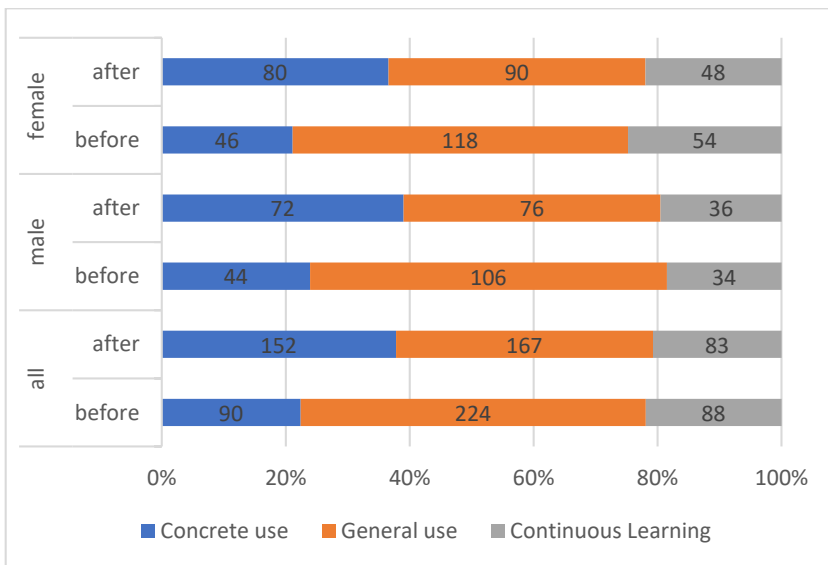
Резюме	402 100%	402 100%	184 100%	184 100%	218 100%	218 100%
--------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Таблица 5: Брой препратки на ученици към важността на изучаването на математика. Изявления на ученици преди и след програмата, разделени по пол.

Таблица 6 показва обобщението на стойностите по клъстери.

Тема		всички		мъжки		женски	
		преди	след	преди	след	преди	след
Конкретна употреба	основа на науката и високите технологии	90 (22%)	152 (38%)	44 (24%)	72 (39%)	46 (21%)	80 (37%)
	полезни в ежедневието						
Обща употреба	помощ в работата и обучението	224 (56%)	167 (41%)	106 (58%)	76 (41%)	118 (54%)	90 (41%)
	помощ при постигане на успех в живота						
Непрекъснато обучение	развитие на мисленето	88 (22%)	83 (21%)	34 (18%)	36 (20%)	54 (25%)	48 (22%)
	интереси и забавление						
	други						
Резюме		402 100%	402 100%	184 100%	184 100%	218 100%	218 100%

Таблица 6: Причините на учениците за важността на изучаването на математика по групи, преди и след програмата, разделени по пол.



Фигура 8: Изложени от учениците причини за важността на изучаването на математика по групи, преди и след програмата, разделени по пол.

Данните показват, че броят на темите, представящи конкретни ползи - "Математиката е основата на науката и високите технологии" и "Математиката е полезна в ежедневието" - се е увеличил значително за сметка на темите, представящи общи ползи - "Математиката помага в обучението и работа" и „Математиката ми помага да бъда успешен в живота“. Този феномен съществува в цялата група, и във всяка част от нея.

Интересно е да се види, че броят на учениците, които виждат значението на математическото образование като необходимо за интереса и развитието на мисленето, остава стабилен след интервенционната програма.

Задълбочените интервюта, които проведохме с учениците, подчертаха разбирането на учениците след интервенционната програма, че математиката е полезна не само в света на науката и високите технологии, но и в много други предмети, които изискват обработка на данни и вземане на решения, базирани на данни.

Тематичен анализ на доказателствата на учителите за ползите за учители и ученици

В програмата участваха 20 учители. В края на програмата ги попитахме за основните ползи, които виждат в интегрирането на STEM в обучението по математика, както за учители, така и за ученици. Фигури 9 и 10 показват мнението на учителите за ползите за учениците и самите учители.



Фигура 9: Процентът на учителите, които виждат различни ползи за учителите.

Друг въпрос към учителите беше за предизвикателствата, които програмата поставя пред учителите и учениците. Концентрацията на отговорите е показана в таблици 7 и 8.



Фигура 10: Процентът на учителите, които виждат различни ползи за учениците.

Възможни трудности за учителите (гледна точка на учителите)		
трудност	№	%
Организация и логистика	6	30%
Запознаване с материала	4	20%
Инвестиране на време	4	20%
Корекции за затрудняващи се ученици	4	20%
Иновация	2	10%
Отмяна на уроци	1	5%
Линк към учебния материал	1	5%
Сътрудничество на учителите	1	5%
няма	2	10%

Таблица 7: Възможни предизвикателства за учителите

Възможни трудности за учениците (гледна точка на учителите)		
трудност	№	%
Работа в екип	6	30%
Ниско ниво на знания	5	25%
Мотивация	3	15%

Умения за учене	3	15%
Грамотност	2	10%
Интегриране в учебната последователност	1	5%
няма	3	15%

Таблица 8: Възможни предизвикателства за учениците

От данните около 50% от учителите виждат големи ползи за учениците от интегрирането на STEM модули в обучението по математика, но само около 25% виждат ползи за самите учители.

Учителите виждат определени предизвикателства в комбинирането на тези модули, както за самите учители, така и за учениците.

Предизвикателствата за учителите са основно в отклонението от редовната учебна програма, в организацията, и в необходимостта от сътрудничество с други учители. Предизвикателствата за учениците са в областта на знанията и уменията.

Е. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В това проучване изследвахме ефекта от интегрирането на STEM модули по време на часовете по математика в 9^{-ти} клас върху мотивацията на учениците, като направихме разлика между момчета и момичета, и между ученици, които изучават математика на високо ниво, и ученици, които изучават математика на ниско ниво.

Анализът на резултатите показва, че мотивационните компоненти, свързани със самочувствието и полезността на обучението по математика, са се увеличили значително. Самочувствието се е увеличило с 26% за общото население и 70% за момичетата. Чувството за полезност се е увеличило с 23% сред момичетата, учеци на ниско ниво. Възрастовите особености в 9-10 клас подсказват важността на обръщането на внимание на половите аспекти в обучението, които се отразяват в мотивацията на учениците, и могат да бъдат повлияни от избора на учебни предмети.

Повишаването на самочувствието при изучаване на математика е значително, както по отношение на увеличаването на средния резултат, така и на намаляването на дисперсията, и се наблюдава във всички подгрупи на изследването (т.е. момчета и момичета, учащи се на ниско ниво и на по-високо ниво).

Причините на учениците да изучават математика се развиха след програмата от общи твърдения като „ще ни помогне в живота“ до по-конкретни твърдения като „математиката е полезна в ежедневието“. Това явление се наблюдава и във всички подгрупи на изследването.

Учителите също виждат ползата за учениците от тази програма, но по-малко ползата за самите учители, и малко се страхуват от предизвикателствата, свързани с този проект.

В заключение е съвсем ясно, че програмата постига целите си, засилва усещането на учениците за стойността на изучаването на математика в 9-ти клас и по този начин спомага за повишаване на мотивацията им за изучаване на математика.

Би било полезно да се разработят повече STEM модули от този тип, и също така да се изберат теми, които вълнуват момичетата в тийнейджърска възраст, за да засилят още повече чувството си за значимост.

IV. ПРИНОСИ

Научни приноси

Предложен е модулен модел за интегриране на STEM в обучението, с фокус в математиката, като учебен предмет.

Проведен е педагогически експеримент, представящ статистически валидирани доказателства за повишаване на мотивацията на учениците за изучаване на математика, при прилагане на интегрирания модел.

Направен е анализ на влиянието на пола на учениците, върху мотивацията за изучаване на математика след интегриране на STEM модули.

Приложни приноси

Разработени са пет учебни STEM модула, които учителите могат да приложат в обучението по математика.

Предложен е модел за създаване на общност от учители по математика и природни науки за съвместно проектиране и внедряване на STEM модули в обучението и насърчаване на професионалното развитие и интердисциплинарното сътрудничество.

Предложени са методи и средства за интегриране на STEM в редовните учебни програми.

V. ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. GOLDREICH, A., & KARASHTRANOVA, E. (2023). STEM AS A MATH LEARNING MOTIVATOR. *10TH JUBILEE INTERNATIONAL CONFERENCE OF FMNS – 2023, “NEOFIT RILSKI” UNIVERSITY PRESS BLAGOEVGRAD, JUNE 2023. ISSN 2682-9630*
2. GOLDREICH, A., & KARASHTRANOVA, E. (2024). OVERVIEW OF THE STEM EDUCATION IN ISRAEL. *PEDAGOGY/PEDAGOGIKA* (0861-3982), 96.
3. GOLDREICH, A., & KARASHTRANOVA, E. (2024). ISRAELI MATH TEACHERS' VIEW ON INTEGRATION OF STEM MODULES IN MATHEMATICS STUDIES AS A MOTIVATOR IN 9TH GRADE. *PEDAGOGY/PEDAGOGIKA* (0861-3982), 96.
4. KARASHTRANOVA, E., GOLDREICH, A., & BORISOVA, N. (2024). ON INTEGRATION OF STEM MODULES IN MATHEMATICS EDUCATION. *MATHEMATICS&INFORMATICS*, 67(2).

VI. ЛИТЕРАТУРА

Brand, B. R. (2020). Integrating science and engineering practices: outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education*, 7(1). doi: 10.1186/s40594-020-00210-x

Drori, G., & Netivi, A. (2013). STEM in Israel: The Educational Foundation of “Start-Up Nation”. *Australian Council of Learned Academies: Melbourne, VIC, Australia*, 38.

English, L.D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-8. doi: 10.1186/s40594-016-0036-1

Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369-385. doi: 10.1007/s10956-020-09823-x

Fiorella, L., Yoon, S. Y., Atit, K., Power, J. R., Panther, G., Sorby, S., ... & Veurink, N. (2021). Validation of the Mathematics Motivation Questionnaire (MMQ) for secondary school students. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-14.

Julia, C., & Antoli, J.O. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based academic learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303-327. doi: 10.1007/s10798-018-9441-8

Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11. doi: 10.1186/s40594-016-0046-z

Landman, L. (2017). From early learning to workforce – The STEM pipeline in Israel. Retrieved from: <https://www.5p2.org.il/from-early-learning-to-workforce-the-stem-pipeline-in-israel/>

Leung, A. (2020). Boundary crossing pedagogy into STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(15), 1-11. doi: 10.1186/s40594-020-00212-9

OECD (2022). PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Israel. Retrieved from:

https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/israel_056c6cf0-en.html