

## הבנה של יצירתיות במתמטיקה על מנת לשפר את החינוך המתמטי

### תקציר

נושא היצירתיות במתמטיקה ובמדע בכלל אינו זוכה בדרך כלל לתשומת לב רבה. מקובל לשייך את היצירתיות לתחום האמנות ולראות במתמטיקה מלאכה של שימוש בידע רציונלי וביישום כללים קיימים. תפיסה זו היא תוצאה של חינוך מוטעה, שבו תפקיד המתמטיקה נתפס כשעתוק וכיישום הידע המדעי ולא כיצירת ידע חדש, כחיפוש וכגילוי. לאחרונה הוצעה הגדרה כללית של יצירתיות (Amabile, 2013) "יצירתיות זאת יצירת תגובה, תוצר או פתרון חדשניים ומתאימים למשימה פתוחה". יצירתיות מחייבת שינוי ממה שנעשה קודם בתחום. הרעיונות החדשים נכנסים לאינטראקציה עם הרעיונות הקודמים ויכולים להרוס את המאזן הקיים. יש לציין, כי יצירתיות אינה נקשרת כאן לתכונות אישיות, אלא לרעיונות חדשים.

הגדרה זו של יצירתיות מתאימה גם ליצירתיות המתמטיקה ומתייחסת גם לחידושים קטנים וגם לשינויים פרדיגמטיים ולמהפכות מדעיות. אולם, היא מעוררת שאלה על היחס בין יצירתיות של מתמטיקאים מקצועיים לבין יצירתיות התלמידים. הרי אם נראה ביצירתיות מתמטית פתרונות חדשים לבעיות מתמטיות העומדות על הפרק, היא הופכת לתחום בלעדי של מתמטיקאים מקצועיים, שאינו בר-השגה עבור התלמידים. אולם, חוקרים טוענים, כי תלמידים יכולים להיות יצירתיים כשהם עוסקים בבעיות מתמטיות מאתגרות עבורם, אך הסביבה הלימודית אינה מכוונת אותם לפיתוח היצירתיות. הרי מתמטיקאים מקצועיים עוסקים בבעיות פתוחות, המתאפיינות באי-ודאות, אולם הגישות הפדגוגיות והלימודיות הנפוצות אינן מציעות לתלמידים שדה מתמטי פתוח ואינן מעודדות מקוריות ועצמאות מחשבתית של התלמידים. לכן, יש לשנות את הגישה ולפתח בקרב התלמידים את הרצון ואת היכולת לחפש פתרונות בלתי צפויים, לאמץ פרספקטיבות חדשות בהתייחס לבעיות המוצעות, ולשאל שאלות המקדמות פתרון בעיות יצירתי. אימוץ הגישה הפדגוגית הזאת חשוב במיוחד, משום שהיא מהווה בסיס ליצירתיות של מתמטיקאים מקצועיים.

על מנת לפתח תכניות למידה וסביבה לימודית, שיקדמו את היצירתיות המתמטית של התלמידים, עלינו לדעת איזה גורמים מקדמים יצירתיות ולזהות את הגורמים שעליהם ניתן להשפיע באמצעות החינוך.

### המחבר טוען, כי יצירתיות היא תוצאה של אינטראקציה בין שלושה גורמים עיקריים:

א. תנאים קודמים (משפחה, קבוצה חברתית, השכלה).

ב. מאפיינים אישיים (סגנון קוגניטיבי, מיומנויות, מבנה האישיות).

ג. מאפייני המצב הנתון (השפעות קונטקסטואליות וחברתיות).

### כמו כן, הוצע לראות את היצירתיות ברמה האישית כאינטראקציה בין:

א. מיומנות.

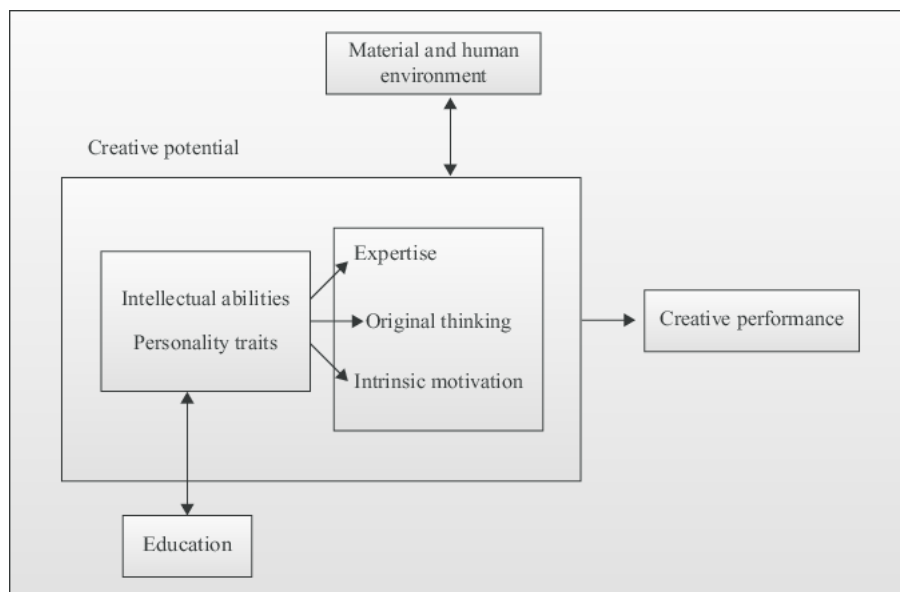
ב. חשיבה מקורית.

ג. הנעה (מוטיבציה) פנימית (מעורבות עמוקה במשימה בעקבות סקרנות והנאה).

התקציר מבוסס על המאמר:

Grégoire, J. (2016). Understanding creativity in mathematics for improving mathematical education. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 24-36.

להלן מוצע דגם התפתחותי, המשקף את ההשפעה של מגוון גורמים על פיתוח היצירתיות בקרב התלמידים:



בדגם הזה, חינוך עשוי לעודד את הפוטנציאל היצירתי בכמה דרכים: באמצעות השפעה על האינטליגנציה הכללית או דרך השפעה על מאפייני האישיות. אולם, לעתים, השפעת התכניות החינוכיות המכוונות לפיתוח האינטליגנציה הכללית קטנה למדי ולכן, אין להתייחס אל פיתוח האינטליגנציה הכללית כאל יעד מועדף לפיתוח הפוטנציאל היצירתי.

מחקרים מצביעים על שלושה סוגים של תכונות אישיות, שעשויות להשפיע על יצירתיות מתמטית ומדעית: מאפיינים קוגניטיביים (פתיחות וגמישות), מאפיינים חברתיים (שליטה, ביטחון עצמי, אוטונומיה, אינטרברטיות), ומאפיינים מוטיבציוניים (שאיפות ואמביציות). בספרות המדעית מתנהל ויכוח על מידת ההשפעה של החינוך על מאפייני האישיות הללו. במשך זמן רב מאפייני האישיות נחשבו לגורמים יציבים לאורך החיים, שקשורים לתכונות גנטיות, כאשר יציבות של האישיות מהווה מקור לזהות. אולם, המחקרים שנערכו בשנים האחרונות הצביעו על כך, שמאפייני האישיות מושפעים ממשתנים פנימיים וחיצוניים. עם זאת, מידת ההשפעה של התכונות החינוכיות עליהם אינה ברורה.

### ניתן להמליץ על שלושה מוקדי התערבות עיקריים של תכניות חינוכיות עבור פיתוח היצירתיות:

1. **מומחיות** - פרקטיקה ממוקדת מסייעת להקניית רמה גבוהה של מומחיות בביצוע. יש לציין, כי לא נכון לראות באימון את ההיפך מכישרון. כישרון, דהיינו מכלול מיומנויות אינטלקטואליות ומאפייני אישיות, תמיד זקוק לאימון. מומחיות המבוססת על שילוב של כישרון ופרקטיקה מביאה לביצועים גבוהים, אך היא כשלעצמה אינה יכולה לגרום לביצועים יצירתיים באופן שיטתי. מומחיות היא תנאי הכרחי, אבל לא מספיק, לפיתוח יצירתיות מתמטית. על מנת לגרום לפיתוח יצירתיות, המומחיות צריכה להיות משולבת עם מספר גורמים נוספים, פנימיים (פתיחות והנעה) וחיצוניים (כגון: קשרים עם מתמטיקאים אחרים). עם זאת, מומחיות משחקת תפקיד חשוב בפיתוח הפוטנציאל היצירתי ואמורה להיות אחד היעדים המרכזיים של השלבים הראשונים של חינוך מתמטי.

2. **חשיבה מקורית מהווה מיומנות מורכבת, הכוללת נכונות ללקיחת סיכונים** - סבלנות כלפי אי-ודאות, נחישות, אוטונומיה אישית ומיומנויות קוגניטיביות - חשיבה מסתעפת וגמישות. חשיבה מסתעפת זאת יכולת לפתח תגובות מגוונות לבעיה פתוחה. גמישות כזאת יכולת להתייחס לבעיה מזוויות ראייה שונות

ולבחון דרכים חדשות של פתרון. חשוב לקחת בחשבון גם את הסגנון הקוגניטיבי, דהיינו את האופי המיוחד של תפיסה ועיבוד מידע. פיתוח חשיבה מקורית דורש גם פתיחות מצד התלמידים לעולם ידע חדש ושאיפה לחוויות מאתגרות. יש לזכור, כי הידע הקודם עלול להיות המכשול האפיסטמולוגי עבור הקניית ידע חדש; חשיבה מדעית דורשת פיתוח יכולת לחשוב מחוץ לפרדיגמות מדעיות מקובלות.

3. **הנעה** - יש להדגיש את החשיבות של ההנעה הפנימית, כלומר הנעה למלא את המשימה או לפתור את הבעיה משום שהיא מאתגרת, מעניינת ומספקת צורך אישי. הנעה פנימית יכולה להתקיים צד בצד עם החיצונית, אך דווקא ההנעה הפנימית היא הגורם המוביל ליצירתיות. אפשר להצביע על מספר דרכים לפיתוח הנעה פנימית:

4. **התמקדות** ביעדי למידה לעומת יעדי ביצוע.

5. **פיתוח יעילות עצמית אצל התלמידים** - תפיסה של יעילות עצמית מבוססת על ביצוע קודם, השוואת ביצוע עצמי עם ביצוע אחרים, משוב המורה, המצבים הרגשיים הקשורים למשימה.

6. **תחושת פיקוח על היצירתיות ותפיסת היצירתיות כתכונה נרכשת ולא מולדת.**

חשוב להדגיש, כי פיתוח יצירתיות מתמטית דורש גם מיומנויות אינטראקציה בין-אישית. הסטריאוטיפ של המדען הבודד רחוק מהמציאות ולכן על המורים לקדם דיונים, קבוצות עבודה ואינטראקציות מחוץ לכיתה עם תלמידים ומתמטיקאים אחרים.