

ОЦЕНКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КРЕАТИВНОСТИ У ШКОЛЬНИКОВ СТАРШИХ КЛАССОВ

Роза Лейкин (Хайфский университет, Израиль)

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (Соглашение № 14.В37.21.0277).

Аннотация. В связи с существующей неопределенностью относительно связи между математической креативностью, математической способностью и общей одаренностью мы провели исследование, направленное на изучение связи между математической креативностью и математической способностью. В целях исследования личной креативности как качества, которое можно развить у школьников, мы различаем относительную и абсолютную креативность. В данной работе описана методика оценки относительной математической креативности на примере одной задачи с несколькими способами решений (MST, Multiple Solution Task).

Ключевые слова: математическая креативность; задачи с несколькими способами решений (MST); общая одаренность.

1. Логическое обоснование

Данное исследование обосновывается нашими наблюдениями, что существует неопределенность относительно взаимосвязи между математической креативностью, общей одаренностью и достижением выдающихся успехов в математике. Нашим первым исследованием в цикле стало качественное исследование, в котором приняли участие 18 студентов с разным уровнем общей одаренности (по показателю IQ), которые изучают математику на разных этапах обучения [16, 17]. Для изучения проявления творческих способностей учащихся в математике в исследовании использовались задачи с несколькими способами решений (MST). Когда метод был только разработан, он применялся для исследования развития математической креативности у учащихся средней школы и подготовки преподавателей математики в начальной школе, которые только устроились на работу [8, 19]. Два предыдущих исследования также были направлены на изучение связи между математической креативностью и уровнем математических способностей учеников. В результате нами было выдвинуто несколько гипотез, которые в настоящее время рассматриваются в рамках масштабного исследования. Мы предположили, что (1) межгрупповые отличия зависят от заданий и (2) что в рядах оригинальность – беглость – гибкость беглость и гибкость имеют динамический характер, а оригинальность связана с понятием «дар».

2. Общие положения

2.1. Креативность. Креативность представляет собой сложное понятие, которое ученые (Д. Хэйлок, Е. Манн, Б. Сиранман) рассматривают с разных точек зрения [10, 22, 31]. Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют единая авторитетная концепция креативности и единое определение креативности [22, 31]. Существует множество взглядов на понятие «креативность», которые постоянно меняются. Опираясь на научную литературу, Е. Манн утверждает, что существует более 100 современных определений понятия «креативность» [22].

Е. Торранс предложил использовать определение понятия «креативность», которое лежало в основе ряда тестов, разработанных для выявления креативности [34]. Это определение было основано на связанных компонентах: беглость, гибкость, новизна, сложность. Беглость проявляется в непрерывности идей, потоке ассоциаций и использовании базовых и универсальных знаний. Под гибкостью понимается изменение идей, рассмотрение задачи разными способами и разработка множества решений. Новизна характеризуется уникальным новым способом мышления и оригинальными продуктами умственной и художественной деятельности. Сложность проявляется в способности охарактеризовать, разъяснить и обобщить идеи [Там же]. Из четырех представленных компонентов наиболее авторитетным является новизна, или оригинальность, так как креативность рассматривается как процесс, связанный с порождением оригинальных идей, подходов или действий и находит отражение в новых и оригинальных продуктах (напр., новое произведение искусства или научная гипотеза).

2.2. Связь между креативностью и способностью. Одним из дискуссионных вопросов в научном исследовании является связь между креативностью и одаренностью. При определении связи между высокими способностями и креативностью исследователи выражают различные мнения. В то время когда Р. Стернберг утверждает, что креативность является особым видом одаренности, Дж. Рензулли полагает, что креативность является неотъемлемым компонентом одаренности [27, 28]. Исследователи Р. Милграм и Е. Хонг предполагают, что высокие способности и креативность выступают двумя независимыми качествами человека. Таким образом, анализ связи между креативностью и одаренностью, с учетом особой концентрации на разных областях математики, способствует лучшему пониманию сущности как математической одаренности, так и математической креативности [23].

Изучением связи между интуитивным пониманием при решении задачи и креативностью занимался М. Чиксентмихайи [4]. Исследователь Дж. Дэвидсон рассматривал интуитивное понимание как основную черту в концепции одаренности [5]. Он полагает, что одаренные дети превосходят своих сверстников в решении задач в связи с повы-

шенной склонностью к интуитивному пониманию [6]. Р. Овертурм-Корсмит, Р. Деккер, П. Спэн выявили, что дети с высоким уровнем способностей незамедлительно понимают задачу, построенную на интуитивном понимании, и быстро решают ее, тогда как дети со средними способностями предпочитают работать над подзадачами, а не решать задачу целиком [24]. Такая связь между интуитивным пониманием и высокой способностью и интуитивным пониманием и креативностью повлияла на построение нашего исследования.

2.3. Математическая креативность. Существует различие между общей и специальной креативностью. *Общая креативность* связана с использованием моделей решения задач из одной области для решения задач в другой области. Под *специальной креативностью* понимается креативность в определенной области, которая принимает во внимание логический дедуктивный характер этой области [25]. В данной работе мы сконцентрируем наше внимание на специальной математической креативности учащихся. Как и в случае с общей креативностью, дать точное и общепринятое определение математической креативности крайне трудно, вероятно, даже невозможно [10, 20, 22, 31]. Е. Манн утверждал, что анализ попыток исследования для выявления математической креативности показывает, что отсутствие общепринятого определения математической креативности препятствует научно-исследовательской работе [22].

Современные исследователи отмечают, что одна из трудностей в выявлении взаимосвязи между математической одаренностью и математической креативностью основывается на противоположности идей, а именно представлении математической одаренности как свойства ума профессионального математика и мнении, что математическая креативность должна и может быть развита у каждого учащегося [11, 20, 29, 33, 31, 38]. Р. Субботник, Е. Пилмайер, Л. Ярвин считают, что креативность представляет собой основу работы профессиональных математиков. В ходе своей работы математики выбирают и решают реальные и сложные задачи. Г. Эрвинк рассматривает математическую креативность как одну из характеристик развитого математического мышления. Он объединял математическую креативность с развитым математическим мышлением и рассматривал ее как способность формулировать математические цели и устанавливать связи между ними [7].

В то же время Л. Шеффилд и Е. Сильвер исследуют «креативность всех учащихся» и считают решение задач и постановку задач основными инструментами развития математической креативности у всех учащихся [29, 30]. Придерживаясь экспериментальной точки зрения, Л. Шеффилд предложил создание континуума математических умений путем развития творческих способностей в математике: учащиеся, не разбирающиеся в математике, → создатели → компьюте-

ры → потребители → учащиеся, решающие задачи, → постановщики задач → создатели [29].

Мы считаем, что такое развитие связано с математическими способностями учащегося (талантом), и наши прежние исследования показали, что в школе мы развиваем гибкость, а не оригинальность, тогда как оригинальность развивается только у ограниченного количества лиц [8, 18].

Естественно, что креативность в школьной математике отличается от креативности профессиональных математиков. Математическая креативность учащихся оценивается с учетом их предыдущего опыта и успеваемости школьников, обучающихся в примерно равных условиях [31]. Е. Сильвер предположил, что креативно обогащенное обучение математике может улучшить способности презентации, стратегическую беглость и гибкость, а также понимание / оценку новых задач и решений [30]. Таким образом, большое количество учащихся смогут получить доступ к основным показателям креативности, а именно беглости, гибкости и новизне. В этом процессе роль контекста приобретает значимость.

Р. Лейкин предположила, что рассмотрение личной креативности как качества, которое можно развивать у школьников, требует различения *относительной* и *абсолютной* креативности и различения объективной и субъективной креативности (Х. Литтон), а также Большой креативности и Малой креативности (М. Чиксентмихайи). *Абсолютная креативность* связана с открытиями на глобальном уровне («исторические труды» Л.С. Выготского). Наша работа направлена на рассмотрение *относительной креативности*, которая относится к математической креативности, оцениваемой с учетом предыдущего опыта и успеваемости школьников, обучающихся в примерно равных условиях.

2.4. Математическая креативность и решение задач. Математическая креативность в школьной математике обычно связана с решением задач или постановкой задач. О. Квон, Дж. Парк и Д. Парк представили два главных компонента математической креативности: создание нового знания и развитие гибких способностей для решения задач. Они показали, что решение задач разными способами способствовало улучшению креативного мышления учащихся [13]. С. Чемберлин и С. Мун предположили, что творчески одаренные учащиеся обладают необыкновенной способностью порождения новых и полезных решений прикладных задач [1]. М. Чиу связывал математическую креативность со способностью учащихся решать нестандартные и плохо структурированные задачи [2]. Некоторые ограничения методов оценки, представленные в данных исследованиях, могут рассматриваться в тесной связи с инструментами оценивания и видами деятельности, которые в понимании исследователей являются творческими.

Вслед за Е. Торрансом Е. Сильвер предложил развивать креативность путем решения задач следующим образом: развитию *беглости* способствует генерирование нескольких математических идей, нахождение нескольких ответов на математическую задачу (в случае существования таковых) и анализ математических положений [34]. Развитие *гибкости* происходит за счет создания новых математических решений, тогда как минимум одно решение уже существует. Достижение *новизны* происходит путем изучения нескольких решений математической задачи и создания нового решения.

Г. Эрвинк считал, что креативность является неотъемлемым компонентом развитого математического мышления. Он предположил, что существует три разных уровня креативности. На первом уровне происходит алгоритмическое решение задачи, на втором – моделирование ситуации, на третьем уровне используется внутренняя структура задачи [7]. Отметим, что под призмой категорий креативности Е. Торранса, (оригинальность, беглость и гибкость) в большей степени описываются уровни оригинальности, нежели беглости или гибкости [34].

Настоящее исследование представляет собой попытку разработки многоаспектного теста для измерения креативности, который учитывает относительный характер креативности. Он основывается на убеждениях Г. Эрвинка, В. Крутецкого, Г. Поля и Е. Сильвера, что решение математических задач несколькими способами тесно связано с личной математической креативностью и помогает оценивать последнюю посредством MST [7, 12, 30]. Способ оценивания креативности основан на модели ее оценивания, представленной Р. Лейкин [16]. По мнению Е. Торранса, модель состоит из трех компонентов креативности – беглости, гибкости и оригинальности. Для оценивания оригинальности модель объединяет уровни креативности, основанные на догадке (интуиции) и традиционности решений, включая историю изучения математики студентом [34].

3. Модели оценивания математической креативности

3.1. Задачи с несколькими способами решений. Задачи, решаемые несколькими способами (MST), – это задания, которые учащийся должен решить как можно большим количеством способов. Решения одной задачи считаются разными, если они основаны на: а) разных представлениях некоего математического понятия, использованного в задании; б) разных свойствах (определениях или теоремах) математических объектов в определенной области; с) разных свойствах математических объектов в разных областях [14–16]. На рис. 1 приведен пример задачи, которая решается несколькими способами (задача «Джем»), и представлены 10 разных решений данной задачи.

Задача «Джем»:

Мали изготавливает клубничное варенье для нескольких продовольственных магазинов. Для поставки варенья в магазины она разливает его по большим банкам. Один раз она разлила 80 литров варенья поровну по банкам. Она решила освободить 4 банки и переложить варенье из них поровну в другие банки. Мали поняла, что она добавила ровно $\frac{1}{4}$ от предыдущего количества в каждую банку. Сколько банок Мали приготовила в самом начале?



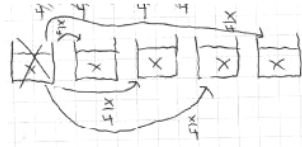
Решение 1: Система уравнений с двумя переменными <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Варенье</th> <th style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Количество варенья в банке</th> <th style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Количество банок</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">y</td> <td style="text-align: center;">$y - 4$</td> </tr> </tbody> </table> $xy = 80$ $xy = 1.25x(y - 4)$ $xy = 1.25xy - 5x$ $-0.25xy = -5x$ $-0.25y = -5$ $y = 20$ В начале Мали приготовила 20 банок. Решение 2: Другой способ решения системы уравнений $\frac{x}{y} \rightarrow \frac{x}{y-4} = \frac{5x}{4y}$ $4y = 5y - 20$ $y = 20$	Варенье	Количество варенья в банке	Количество банок	x	y	$y - 4$	Решение 7: Схема  Решение 8: Понимание решения-1 $\frac{1}{4}$ от первоначального количества составила $\frac{1}{5}$ от получившегося количества. 4 банки - это $\frac{1}{5}$ от всего количества банок, таким образом, первоначально было 20 банок. Решение 9: Понимание решения-2 4 банки составляют одну четверть от оставшегося количества варенья $\rightarrow$ всего 20 банок Решение 10: Понимание решения-3 Варенье с каждой из 4 банок переложили по 4 банкам - полностью все варенье из 4 банок вошло в 16 банок. Таким образом, всего получилось 20 банок.
Варенье	Количество варенья в банке	Количество банок					
x	y	$y - 4$					

Рис. 1. Задание с несколькими решениями – задача «Джем». Решения 8–10 основаны на инсайте

3.2. Пространства решений. Р. Лейкин предложила употреблять понятие «пространства решений», которое позволяет исследователям изучать разные аспекты выполнения решений задач, используя MST [15]. *Экспертные пространства решений* – это максимально полный набор решений задачи, известный в данный момент. Под ними также может пониматься ряд решений задачи, предложенных опытными математиками. В школьной математике экспертные пространства решений включают *традиционные пространства решений*, т.е. те, которые обычно рекомендованы программой, включены в учебные пособия и

демонстрируются учителями, и *нетрадиционные пространства решений*, объединяющие решения, основанные на стратегиях, обычно не прописанных в школьной программе, или решения, которые рекомендованы программой в отношении другого вида задачи. *Индивидуальные пространства решений* – это собрания решений определенной задачи, предложенные решающим. Говоря о способности человека находить решения самостоятельно, мы различаем *актуальные личные пространства*, объединяющие решения, которые решающие могут предложить сразу или, приложив усилия, но без посторонней помощи, и *потенциальные пространства решений*, включающие в себя решения, которые решающие находят с посторонней помощью. Решения, полученные из потенциальных пространств решений, входят в зону ближайшего развития (ЗБР) (Л.С. Выготский).

В заключение скажем, что *коллективные пространства решений* – это совокупность решений, предложенных группой или отдельными людьми. Коллективные пространства решений обычно шире, чем индивидуальные пространства решений, созданные внутри определенной общности. Они становятся одним из основных источников формирования индивидуальных пространств решений.

Пространства решений используются здесь в качестве средства изучения креативности учащихся, а также для определения потенциала задания для оценивания математической креативности.

3.3. Схема оценивания. В данном разделе мы описываем метод оценки креативности учащихся. Данная модель была впервые представлена Р. Лейкин в 2009 г., а затем использовалась в работах А. Левав-Вайнберга и Р. Губермана [8, 18]. На рис. 2 представлена полная схема оценивания.

	Беглость	Гибкость	Оригинальность	Креативность
Баллы за решение	1	$Гиб_1 = 10$ - для первого решения $Гиб_i = 10$ - решения из из разных групп стратегий $Гиб_i = 1$ - похожая стратегия, но разное представление $Гиб_i = 0.1$ - одинаковая стратегия, одинаковое представление	$Ор_i = 10$ $P < 15\%$ или для нетрадиционного решения (инсайт) $Ор_i = 1$ $15\% \leq P < 40\%$ или для основанного на модели/частично нетрадиционного решения $Ор_i = 0.1$ $P \geq 40\%$ или для основанного на алгоритме/традиционного решения	$Кр_i = Гиб_i \times Ор_i$
Общий балл	$Гиб = n$	$Гиб = \sum_{i=1}^n Гиб_i$	$Ор = \sum_{i=1}^n Ор_i$	$Кр = \sum_{i=1}^n Гиб_i \times Ор_i$

n - общее количество правильных решений

$P = (m_j / n) \cdot 100\%$, где m_j - количество учащихся, использовавших стратегию j

Рис. 2. Схема подсчета баллов по шкалам креативности (Leikin, 2009)

Беглость (Бег) – это скорость, с которой решается задача и происходит переключение с одной задачи на другую:

– беглость, закрепленная в MST, представляет собой количество решений в экспертном пространстве решений. Например, беглость пространства решений, представленная на рис. 1, может оцениваться в 10 баллов;

– беглость учащегося, выполняющего письменную контрольную работу, определяется количеством решений в индивидуальном пространстве решений;

– беглость учащегося во время индивидуальной беседы проявляется в количестве подходящих/правильных решений в индивидуальном пространстве решений, найденных за данный промежуток времени.

Для оценивания *гибкости* (Гиб) мы создали группы решений MST. Гибкость, закрепленная в задаче, оценивается в соответствии с экспертным пространством решений. Гибкость учащегося оценивается в соответствии с индивидуальным пространством решений. Два решения принадлежат к разным группам, если в них использованы стратегии решений, основанные на разных представлениях, свойствах (теоремах, определениях или вспомогательных построениях) или разделах математики. Мы оценивали гибкость следующим образом:

$Гиб_1 = 10$ для первого подходящего/правильного решения (см. объяснение / критерии данного оценивания в разделе оценивания креативности).

Для каждого следующего решения:

– $Гиб_i = 10$, если оно принадлежит к группе решений, отличающихся от решения/й, найденных ранее. Например, гибкость может быть оценена в 10 баллов в 5-м решении, если оно предложено после 1-го решения;

– $Гиб_i = 1$, если решение принадлежит к одной из ранее использованных групп, но имеет четкое, но незначительное отличие. Например, 4-му решению может быть присвоен 1 балл за гибкость, если оно найдено после 1-го решения (см. рис. 1);

– $Гиб_i = 0,1$, если решение почти не отличается от предыдущего; 2-му решению на рис. 2 может быть присвоен 0,1 балла за гибкость, если оно найдено после 1-го решения;

– общий балл показателя «гибкость учащегося» при решении задачи представляет собой итоговые показатели гибкости учащегося при нахождении решений в индивидуальном пространстве решений. Общая гибкость, включенная в задание, представляет собой сумму баллов за гибкость всех решений в экспертном пространстве решений;

– $Гиб = \sum_{i=1}^n Гиб_i$, где n – количество правильных решений в индивидуальном пространстве решений учащегося.

Оригинальность оценивается путем сравнения индивидуальных пространств решений и коллективного пространства решений референтной группы. Если P – это процент учащихся в группе, предлагающих определенное решение, то (сравнительная оценка):

– $Op_i = 10$, когда $P < 15\%$ или для основанных на понимании нетрадиционных решений. Например, 7-му решению (см. рис. 1) присваивается 10 баллов за оригинальность как решению, основанному на понимании. 6-му решению присваивается 10 баллов за оригинальность, так как только один учащийся из исследуемой группы предложил его;

– $Op_i = 10$, когда $15\% \leq P < 40\%$, или для традиционных решений, использующихся в нетрадиционных ситуациях;

– $Op_i = 0,1$, когда $P \geq 40\%$. Например, 1-му решению присваивается 0,1 балла за оригинальность, так как это алгоритмические решения, которые предлагаются обычно;

– общий балл за оригинальность учащегося при решении задач представляет собой итоговые показатели оригинальности учащегося при нахождении решений в индивидуальном пространстве решений. Общая оригинальность, включенная в задание, представляет собой сумму баллов за оригинальность всех решений в экспертном пространстве решений;

– $Op = \sum_{i=1}^n Op_i$, где n – количество правильных решений в соответствующем пространстве.

В десятичной системе, которую мы использовали при оценивании, общий балл указывает на оригинальность и гибкость решений в индивидуальном пространстве решений участника. Например, если общий балл за гибкость в пространстве решений равен 21,3, мы знаем, что оно включает 2 решения, принадлежащих к разным группам решений (основанным на разных стратегиях), 1 решение с использованием стратегии решения, схожей с предыдущим решением, но отличающейся от нее некоторыми важными характеристиками, и 3 решения, повторяющие предыдущие. Если общий балл за оригинальность в пространстве решений равен 12,3, мы знаем, что оно включает: 1 оригинальное и нетрадиционное решение, 2 частично нетрадиционных решения и 3 традиционных решения, основанных на алгоритме.

Креативность (Kp) определенного решения является продуктом оригинальности и гибкости решения: $Kp_i = Гиб_i \times Op_i$. Результаты оценок гибкости и оригинальности позволяют присвоить самым креативным решениям высший балл ($Kp_k = 100$) за гибкое и оригинальное решение. Это также относится к тому, что ранее найденные решения не могут считаться креативными. Таким образом, когда учащийся предлагает оригинальное решение ($Op_m = 10$), которое похоже на решение, предложенное ранее, его гибкость оценивается в 1 или 0,1 балла, а креативность – в 10 баллов или в 1 балл (балл, который указывает на другой уровень креативности). Воспроизведение неоригинальных решений оценивается в 0,1 или 0,01 балла за креативность и указывает на то, что 8 учащихся не видят сходства решений и предлагают только те решения, которые были показаны в классе.

Общий балл за креативность в MST – это сумма баллов за креативность в каждом решении в индивидуальном пространстве решений задачи: $Kp = \sum_{i=1}^n Гиб_i \times Op_i$. Предположение, что креативность двух оригинальных пространств решений, которые содержат схожий набор решений, оценивается одинаково, привело к решению оценивать гибкость первого решения задачи в 10 баллов ($Гиб_1 = 10$).

Таким образом, представленная модель оценивания креативности с использованием определенного набора задач, которые решаются несколькими способами, служит инструментом исследования математической креативности у старшеклассников.

Литература

1. Chamberlin S.A., Moon S. Model-eliciting activities: An introduction to gifted education // Journal of Secondary Gifted Education. 2005. № 17. P. 37–47.
2. Chiu M.S. Approaches to the teaching of creative and non-creative mathematical problems // International Journal of Science and Mathematics Education. 2009. № 7. P. 55–79.
3. Csikszentmihalyi M. Society, culture, and person: A systems view of creativity // The nature of creativity. N.Y. : Cambridge University Press, 1988. P. 325–339.
4. Csikszentmihalyi M. Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention. N.Y. : Harper Perennial, 1996.
5. Davidson J.E. Insight and giftedness // Conceptions of giftedness. N.Y. : Cambridge University Press, 1986. P. 201–222.
6. Davidson J.E. Insights about insightful problem solving // The psychology of problem solving. N.Y. : Cambridge, 2003. P. 149–175.
7. Ervynck G. Mathematical creativity // Advanced mathematical thinking. Dordrecht, Netherlands : Kluwer, 1991. P. 42–53.
8. Guberman R., Leikin R. Interest and difficulty: Changes in teachers' views of multiple solution tasks // Journal of Mathematics Teacher Education. 2012 (on-line).
9. Guilford J.P. The nature of human intelligence. N.Y. : McGraw-Hill, 1967.
10. Haylock D.W. A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren // Educational Studies in Mathematics. 1987. № 18. P. 59–74.
11. HersHKovitz S., Peled I., Littler G. Mathematical Creativity and Giftedness in Elementary School: Task and teacher promoting creativity for all // Creativity in mathematics and the education of gifted students. Rotterdam, Netherlands : Sense Publishers, 2009. P. 255–269.
12. Krutetskii V.A. The psychology of mathematical abilities in schoolchildren / translated from Russian by J. Teller ; ed. by J. Kilpatrick, Wirszup. Chicago : The University of Chicago Press, 1976.
13. Kwon O.N., Park J.S., Park J.H. Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach // Asia Pacific Education Review. 2006. № 7. P. 51–61.
14. Leikin R. About four types of mathematical connections and solving problems in different ways // Aleh – The (Israeli) Senior School Mathematics Journal. 2006. № 36. P. 8–14 (In Hebrew).
15. Leikin R. Habits of mind associated with advanced mathematical thinking and solution spaces of mathematical tasks // Proceedings of the Fifth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education – CERME-5. 2007. P. 2330–2339. CD-ROM and On-line. URL: <http://ermeweb.free.fr/Cerme5.pdf>

16. *Leikin R.* Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks // Creativity in mathematics and the education of gifted students. Rotterdam, the Netherlands : Sense Publisher, 2009. Ch. 9. P. 129–145.
17. *Leikin R., Lev M.* Multiple solution tasks as a magnifying glass for observation of mathematical creativity // Proceedings of the 31 International Conference for the Psychology of Mathematics Education. Korea : The Korea Society of Education Studies in Mathematics. rd, 2007. Vol. 3. P. 161–168.
18. *Levav-Waynberg A., Leikin R.* The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry // Journal of Mathematical Behavior. 2012. № 31. P. 73–90.
19. *Levav-Waynberg A., Leikin R.* Using multiple solution tasks for the evaluation of students' problem-solving performance in geometry // Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education. Accepted-2012.
20. *Liljedahl P., Sriraman B.* Musings on mathematical creativity // For The Learning of Mathematics. 2006. № 26. P. 20–23.
21. *Lytton H.* Creativity and education. London : Routledge, 1971.
22. *Mann E.L.* Creativity: The essence of mathematics // Journal for the Education of the Gifted. 2006. Vol. 30, № 2. P. 236–262.
23. *Milgram R., Hong E.* Talent loss in mathematics: Causes and solutions // Creativity in mathematics and the education of gifted students. Rotterdam, Netherlands : Sense Publishers, 2009. P. 149–163.
24. *Overtom-Corsmit R., Dekker R., Span P.* Information processing in intellectually highly gifted children by solving mathematical tasks // Gifted Education International. 1990. № 6. P. 143–148.
25. *Piirto J.* Identification of creativity // Talented children and adults: Their development and education. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 1999. P. 136–184.
26. *Polya G.* How to solve it. A new aspect of mathematical method. Princeton, NJ : Princeton University Press, 1973.
27. *Renzulli J.* What makes giftedness? Re-examining a definition // Phi Delta Kappan. 1978. № 60. P. 180–184, 261.
28. *Renzulli J.S.* The three-ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity // Conceptions of giftedness. N.Y. : Cambridge University Press, 1986. P. 332–357.
29. *Sheffield L.J.* Developing mathematical creativity – Questions may be the answer // Creativity in mathematics and the education of gifted students. Rotterdam, Netherlands : Sense Publishers, 2009. P. 87–100.
30. *Silver E.A.* Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing // ZDM Mathematical Education. 1997. № 3. P. 75–80.
31. *Sriraman B.* Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? An analysis of constructs within the professional and school realms // The Journal of Secondary Gifted Education. 2005. № 17. P. 20–36.
32. *Sternberg R.J.* The theory of successful intelligence // Interamerican Journal of Psychology. 2005. № 39. P. 189–202.
33. *Subotnik R.F., Pillmeier E., Jarvin L.* The psychosocial dimensions of creativity in mathematics: Implications for gifted education policy // Creativity in mathematics and the education of gifted students. Rotterdam, Netherlands : Sense Publishers, 2009. P. 165–179.
34. *Torrance E.P.* Torrance tests of creative thinking. Bensenville, IL : Scholastic Testing Service, 1974.
35. *Vygotsky L.S.* Imagination and its development in childhood // The collected works of L.S. Vygotsky. Vol. 2: General problems of psychology. Moscow, SSSR : Pedagogika (In Russian), 1930/1982. P. 438–454.

36. *Vygotsky L.S.* Imagination and creativity in adolescent // The collected works of L.S. Vygotsky. Vol. 4: Child psychology. Moscow, SSSR : Pedagogika (In Russian), 1930/1984. P. 199–219.
37. *Vygotsky L.S.* Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1978.
38. *Yerushalmy M.* Educational Technology and Curricular Design: Promoting Mathematical Creativity for All Students // Mathematical creativity and the education of gifted students. Rotterdam, Netherlands : Sense Publisher, 2009. P. 101–113.

THE EVALUATION OF MATHEMATICAL CREATIVITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS

Leikin Roza (University of Haifa, Israel)

Summary. Due to uncertainty regarding the relationship between mathematical creativity, mathematical expertise and general giftedness, we have conducted a large-scale study that explores the relationship between mathematical creativity and mathematical ability. We distinguish between relative and absolute creativity in order to address personal creativity as a characteristic that can be developed in schoolchildren. This paper presents part of a study that focuses on the power of Multiple Solution Tasks (MSTs) as a tool for the evaluation of relative creativity.

Key words: Mathematical creativity; Multiple Solution Tasks (MST); General Giftedness.