

أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في حل المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى  
طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين\*

## The Effect of Educational Program Supported with Illuminations on Mathematical Problem Solving and Spatial Ability of Seventh Grade Students in Palestine

سهيل صالحه وعدنان العابد

Soheil Salha & Adnan Abed

الباحث المراسل: بريد الكتروني: ssalha@najah.edu

تاريخ التسليم: (2013/3/7)، تاريخ القبول: (2014/3/6)

### ملخص

سعت الدراسة إلى تقصي أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في حل المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين. استخدم في هذه الدراسة التصميم شبه التجريبي لمجموعتين (تجريبية وضابطة) عددهما (67) طالبة، طُبّق على المجموعة التجريبية البرنامج المُدعم بالتأثيرات الضوئية، بينما طُبّق على المجموعة الضابطة طريقة التدريس الاعتيادي. ولتحقيق أهداف الدراسة تم استخدام ثلاث أدوات هي: البرنامج المُدعم بالتأثيرات الضوئية، واختبار حل المسألة الرياضية، ومقياس القدرة المكانية. أظهرت نتائج الدراسة وجود فرق دال إحصائياً ( $\alpha = 0.05$ ) في حل المسألة الرياضية يُعزى إلى البرنامج المُدعم بالتأثيرات الضوئية، كما أظهرت النتائج وجود فرق دال إحصائياً ( $\alpha = 0.05$ ) في القدرة المكانية يُعزى إلى البرنامج المُدعم بالتأثيرات الضوئية. وبناء على هذه النتائج، توصي الدراسة بضرورة الاستفادة من برنامجها التعليمي؛ لما أظهرته النتائج من أثر إيجابي للتأثيرات الضوئية في تحسين حل المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى الطلبة، وضرورة إتاحة الفرص للطلبة لتعلم الرياضيات من خلال برمجيات تعليمية تفاعلية جاهزة، يستطيع الطلبة من خلالها بناء المفاهيم الرياضية وتمثيلها.

\* مستل من أطروحة الدكتوراه "أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في حل المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين".

## Abstract

This study aims at investigating the effect of an educational program supported with illuminations on problem solving and spatial ability among seventh grade students in Palestine. The Quasi-experimental design based on experimental and control groups was used in the study. Thus, the subjects of the study were (67) students from two sections, section (A) was selected randomly as an experimental group and exposed to the educational program supported with illuminations, section (B) was selected randomly as a control group and exposed to the ordinary instructional program. To achieve the aims of the study, three instruments were used for data collection: the educational program supported with illuminations, a test for measuring students' mathematical problem solving and a scale for measuring students' spatial ability. The results showed that there is a significant difference in problem solving among seven grade students in Palestine, in favor of the educational program and there is a significant difference in spatial ability among seven grade students in Palestine, in favor of the educational program. Based on the result, the researchers recommended the adoption of this study results, recommendations and it's educational program as a response for the effect of educational software on developing problem solving and spatial ability among the students, the necessity of training math teachers on using illuminations as programmed ones and the necessity of giving students chances to learn math through interactive educational software and enabling them to construct and represent math concepts.

## المقدمة

أصبح الحاسوب أداة أساسية في عملية التعليم، ومكوّناً حيويّاً لعملية التدريس، فالتغيرات السريعة التي طرأت على مناحي الحياة، جعلت من الضرورة بمكان، ولكافة عناصر النظام التعليمي، التفاعل مع الحاسوب وبرمجيّاته؛ لتحقيق أكبر قدر من التعلّم والتفكير على حد سواء. وقد أدخل الحاسوب إلى التعليم، استجابةً للتحديات التي تواجه عملية التعليم، ولاستحداث طرائق تدريس فعّالة تضمن اكتساب الطالب قدرّاً من المعرفة، وكماً من المهارات المتنوعة في محتواها وفي نتائجها (Glenn & D'Agostino, 2008).

إنّ استخدام التقنية التربوية المعتمدة على الحاسوب تعمل على تحسين نوعية التعليم، والوصول به إلى درجة الإتقان، وتحقيق الأهداف التعليمية بوقت وإمكانات أقل، وتزيد العائد من عملية التعليم، وتخفيض تكاليف التعليم دون تأثير في نوعيته (Abd-Haq, 2007)، وتدعو معظم التوجهات التربوية المعاصرة إلى تركيز الاهتمام بدمج التكنولوجيا المعتمدة على الحاسوب في التعليم، واستخدام التقنيات التفاعلية المتقدمة مثل الوسائط المتعددة والواقع الافتراضي؛ كونها قادرة على تنفيذ العديد من التجارب الصعبة من خلال برامج المحاكاة، وتقرّب المفاهيم النظرية المجردة، كما أنها تهيئ بيئات فكرية تحفز المتعلم على استكشاف موضوعات ليست موجودة ضمن المقررات الدراسية (Kartiko, Kavakli & Cheng, 2010).

ولا يخفى دور الحاسوب في مجال التعلم والتعليم، إذ أصبح يُستخدم في تدريس المواد الدراسية المختلفة، وإعداد الدروس، والاختبارات، وتقويم تعلّم الطلبة، وإدارة الفصل الدراسي، إضافة إلى العديد من الأسباب التي تؤيد استخدام الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات في عملية التعليم والتعلم؛ منها تهيئة الطلبة لعالم يتمحور حول التكنولوجيا المتقدمة، وأن يألف الطلبة معالجة المعلومات، وهو ما يؤدي بدوره إلى تحسين نوعية التعلم والتعليم والاطلاع على أحدث ما توصل إليه العلم في كافة المجالات (Al-Khreesat & Eqtaït, 2009).

وربما تكون الرياضيات أكثر المناهج المدرسية تفاعلاً مع الحاسوب وبرامجه في التعلّم والتعليم؛ إذ إن طبيعتها وبنيتها وأساسها تتداخل مع بناء البرامج التعليمية المحوسبة، ويتبع كلاهما "منطقاً وخوارزميات" محدّدة في تطبيقهما (Travers, 2010)، فقد حقّق الحاسوب نجاحاً كبيراً في تعليم الرياضيات وتعلّمها، فهو يعين الطلبة على تعلّم المفاهيم الرياضية المجردة، وتمثيلها، وإجراء الحسابات المعقدة، والتأكد من صحة الإجابة، وإكسابهم مهارات رياضية، وقدرة على حلّ المسائل الرياضية (Boston & Smith, 2009). ويرى ديمربيلك وتامر (Demirbilek & Tamer, 2010) أن الحاسوب وبرمجياته قد أسهما في حلّ مشكلات بالغة التعقيد في الرياضيات، كما ساعدا في حلّ المسائل الرياضية العددية أو الرمزية، فمن ناحية تُشابه برمجيات الحاسوب الآلة الحاسبة في تعاملها مع الأرقام، لكنها بالكفاءة نفسها قادرة على التعامل مع المعادلات الجبرية والرسوم والأشكال والخطوط البيانية والمجسمات الهندسية، علاوة على تضمّنها عدداً من الألعاب الرياضية التي ترفع من مستوى تفكير المتعلم وتجعله أكثر نضجاً وغازة.

ويتناول تعلّم الرياضيات وتعليمها الحاسوب وبرمجياته في محورين مهمين هما: دراسة الحاسوب، والتدريب على استخدامه، واستخدام برامجه لدراسة العلاقات الرياضية وحلّ المسائل الرياضية. وفي ذلك فقد يكتب المتعلمون برامجهم الخاصة بهم، أو يستخدمون برامج أخرى (Reisa, 2010).

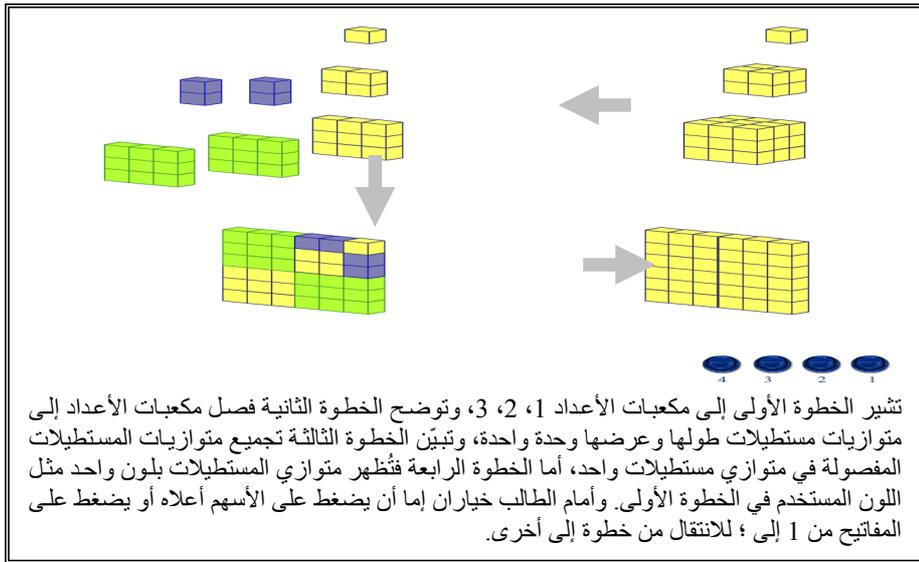
وانسجاماً مع ذلك، فقد اعتمد المجلس الوطني لمعلّمي الرياضيات National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) "مبدأ التكنولوجيا" كواحد من المبادئ التي

تقوم عليها الرياضيات المدرسية Principles and Standards for School Mathematics، وضرورة توظيفها في المدرسة؛ لما لها من أثر كبير في تحسين تعلّم الطلبة، ولما يمكن الاستفادة من الحاسوب وإمكاناته في تعليم الرياضيات (NCTM, 2000). وعطفاً على ذلك، فقد أشار المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM إلى "التأثيرات الضوئية" Illuminations، وهي إحدى مستحدثات برامج الحاسوب في تعليم الرياضيات، على أنها أنشطة ودروس حاسوبية، تعمل على تحسين قدرة المتعلّم على فهم الرياضيات، بما تتضمنه من رموز ومجردات (NCTM, 2008).

وتُصمّم "التأثيرات الضوئية" Illuminations وفق تفاعل بين برنامجي فلاش Flash، وجافا Java، مما يدعم دمج عدد من مزايا البرنامجين في تمثيل أفضل للمحتوى الرياضي، بإضافة لقدرتها على تحريك الأشكال المستوية وغير المستوية والتحكّم بها، فهي تُمكن من تكوين عشرات الأمثلة لتعميم رياضي واحد، كما تُنتج بيئة إلكترونية تفاعلية من خلال المؤثرات الصوتية، والصور، والرسوم المتحركة، كما يمكن استخدامها في تصميم تطبيقات ديناميكية تساعد على فهم البرهان الرياضي وتجسيد المجسّمات الرياضية، وبناء الأشكال الهندسية وتحريكها (NCTM, 2010).

وكمثال على ذلك، يشير الرسم الإلكتروني في الشكل (1) إلى تصميم التعميم الرياضي التالي وفق التأثيرات الضوئية:

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = (1 + 2 + 3 + \dots + n)^2$$



شكل (1): مثال على التأثيرات الضوئية لتعميم رياضي.

وتفعيلاً لدور برامج الحاسوب في تعليم الرياضيات، دعا كليمنت وسارما (Clement & Sarma, 2004) إلى تضمين برامج الحاسوب في معايير تدريس الرياضيات، حيث رأيا أنها تحقق مفاهيم البنائية، وتمثل وسيلة للتعبير عن الأفكار الرياضية، والمفاهيم الجبرية، كما أنها تسهم في تنمية "الحس المكاني" Spatial Sense، لاسيما في تحليل خصائص الأشكال الهندسية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد، وتطوير البراهين الرياضية الممثلة للعلاقات الهندسية.

وينظر للرياضيات على أنها نشاط يقوم بتشكيل النماذج والعلاقات الهندسية، ويتطلب هذا أن يتمتع الطلبة بحس مكاني أو "قدرة مكانية" Spatial Ability، وللقدرة المكانية دور رئيس في تفعيل الفهم والاستيعاب أثناء تعليم الرياضيات (Abed, 1996)، كما أنها تساعد في فهم السلوك البنائي للمتعلم، وتعزز قدرته على حل المسألة الرياضية (Van Garderen, 2006). ويرى أوبارا (Obara, 2010) أن الرياضيات مادة تتطلب مهارات خاصة عند تعلمها مثل القدرة على تصور الأشكال الهندسية، ومعرفة العلاقات بينها، وتمثيل المجردات. والهندسة - على وجه الخصوص - تتطلب إضافة إلى تلك المهارات، مهارات مثل التطبيق، وحل المسألة والرسم، والإدراك ثلاثي الأبعاد، مما يشير إلى ضرورة تمتع الطالب بإدراك حسي ورؤية بصرية.

وبناء عليه، تأتي هذه الدراسة لبحث وتحري دور التأثيرات الضوئية Illuminations في تعليم الرياضيات وتعلمها، إذ يبدو ثمة أثر بين التأثيرات الضوئية وكل من القدرة المكانية وحل المسألة الرياضية، فالبرنامجين اللذين تُصمم بهما التأثيرات الضوئية وتطبيقاتهما يتوافقان مع المنطق الرياضي، ورسم الأشكال والمجسمات الهندسية.

ولعلّ برنامجاً تعليمياً يقوم على التأثيرات الضوئية قد يسهم في تحسين القدرة المكانية وحل المسألة الرياضيّة لدى الطلبة، لا سيما وأن هذا البرنامج تتضمنه هذه الدراسة التي تأتي في طليعة الدراسات التي تتناول التأثيرات الضوئية، والتي حثّ المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM على تناولها وتقصّي أثارها، وذلك من خلال ما عرض لها من أمثلة في موقعه وأدبياته (NCTM, 2010).

وعليه فإن هذه الدراسة تأتي للبحث في أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في القدرة المكانية وحل المسألة الرياضية لدى طلبة المرحلة الأساسية في فلسطين.

#### مشكلة الدراسة وأسئلتها

يوفر الحاسوب بتقنياته المختلفة بيئة تعليمية تعجّ بالتشويق والإثارة وزيادة النشاط والحيوية لدى المتعلم. وتتعدى برامج الحاسوب كونها وسائل، بل مناهج بذاتها، فتساعد في تنشيط عملية التعلم، وتمكّن المعلم من التدريس والاختبار بأسلوب شيق وممتع يدفع بالمتعلم إلى الاستمرارية في عملية التعلم والمواظبة عليها، وما التأثيرات الضوئية Illuminations إلا واحدة من برامج الحاسوب التي تبني الفهم الهندسي لدى المتعلم، وتغرس فيه منطلقاً علمياً.

ويعتقد العاملون في مجال تعليم الرياضيات أن القدرة على حلّ المسألة هي من أهم المهارات التي يجب أن يمتلكها الطالب؛ ذلك لأن حلّ المسألة يرتبط ارتباطاً مباشراً بحلّ المشكلات، فحلّ المسألة يتطلب من الطالب القيام بالكثير من العمليات كإعادة صياغة المسألة وتحليلها ورسمها وتجسيدها، وقد تحتاج إلى عمليات تركيب واستقصاء ووضع فرضيات واختبار مدى ملاءمة تلك الفرضيات.

وتُعد القدرة المكانية مؤشراً موثقاً على تعلّم الهندسة، فهي تعتمد على إدراك الأبعاد والمسافات بدقة، وإدراك حجوم المجسمات ومساحات الأشكال، وطولها، وشكلها، وارتفاعها، وتتطلب هذه القدرة تدريباً حسيّاً يساعد الطالب في اكتساب الخبرات حول شكل الشيء من مختلف زواياها المنظورة.

وقد أشارت دراسات عدة، مثل دراسة شيرفاني (Shirvani, 2010)، ودراسة مانوتشييري (Manouchehri, 2004) إلى أثر البرامج الحاسوبية في رفع تحصيل الطلبة في الرياضيات، خاصة في الجبر؛ لاعتمادها على تمثيل المقادير الجبرية والعمليات عليها.

وبناء على ما تقدّم، تحاول الدراسة الإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

**"ما أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في حلّ المسألة الرياضية، والقدرة المكانية، لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين؟"**

وينبثق من هذا السؤال السؤالان الآتيان:

**السؤال الأول:** ما أثر البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية في حلّ المسألة الرياضية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين؟

**السؤال الثاني:** ما أثر البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية في القدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين؟

#### فرضيات الدراسة

للإجابة عن سؤالي الدراسة، صيغت الفرضيتان الصفريتان الآتيتان:

**الفرضية الأولى:** لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية ( $\alpha=0.05$ ) بين متوسطي درجات طلبة المجموعة التجريبية (البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) ودرجات طلبة المجموعة الضابطة (الطريقة الاعتيادية) في اختبار حلّ المسألة الرياضية.

**الفرضية الثانية:** لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية ( $\alpha=0.05$ ) بين متوسطي درجات طلبة المجموعة التجريبية (البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) ودرجات طلبة المجموعة الضابطة (الطريقة الاعتيادية) في مقياس القدرة المكانية.

### أهمية الدراسة ومبرراتها

تتجسد أهمية هذه الدراسة في أنّ برنامجها التعليمي قد يُسهم في تحفيز الطالب نحو الرياضيات وتعلّمها، ويمنحه الفرصة لدراسة المفاهيم والتعميمات والمهارات الرياضية في بيئة ديناميكية.

كما تستمد الدراسة أهميتها من أهمية حلّ المسألة الرياضية، والقدرة المكانية في تعليم الرياضيات وتعلّمها، فحلّ المسألة الرياضية يُكسب المفاهيم معنىً ووضوحاً لدى الطالب، ويسمح بتطبيق التعميمات في مواقف جديدة، إضافة لكونه وسيلة للتدريب على المهارات الرياضية المختلفة، أما القدرة المكانية فتزيد من إمكانية تعرف الطلبة أنماطاً هندسية مختلفة، وفهم الأشكال ثلاثية الأبعاد واستيعابها، وابتكار الصور الذهنية وتكوينها.

وعلاوة على ذلك، تأتي هذه الدراسة ضمن جهود وزارة التربية والتعليم الفلسطينية، ومنظمة اليونسكو إلى إدخال التكنولوجيا في تعلّم الطلبة للرياضيات، وتدريب المعلمين على استخدامها في تدريس الرياضيات.

### حدود الدراسة

تحدّدت نتائج هذه الدراسة بما يلي:

- اقتصرها في التطبيق على طالبات الصف السابع الأساسي.
- اعتمادها اختبار في حل المسألة الرياضية، وهو من إعداد الباحثين، ويتحدّد بدلالات صدقه وثباته.
- تناولها وحدة الجبر في مادة الرياضيات.
- الخصائص السيكمترية لمقياس القدرة المكانية، والمحدّد بالدوران كتحويل هندسي.
- أثر الاختبار القبلي في حلّ المسألة الرياضية، والقدرة المكانية على معرفة الطلبة.

### التعريفات الإجرائية

تتضمّن الدراسة التعريفات الإجرائية الآتية:

**التأثيرات الضوئية Illuminations:** هي مجموعة الأنشطة والتمارين التي يوردها المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات على موقعه، وتعمل في بيئة جافا Java. وتُعرّف التأثيرات الضوئية إجرائياً بأنها الدروس المحوسبة لوحدة الجبر في كتاب الرياضيات للصف السابع الأساسي في فلسطين، والمُصمّمة وفق برمجيّتي فلاش Flash، وجافا Java، والتي تتبع خطوات التأثيرات الضوئية، ويقوم المعلم بتدريسها للطلبة.

**المسألة الرياضية:** موقف جديد ومختلف يضع الطالب أمام تحدّد لقدراته، خاصة أنه لا يكون لديه حلّ جاهز في حينه، ويقوم الطالب باستدعاء معلوماته السابقة ويربطها بعناصر الموقف الحالي بطريقة جديدة تمكنه من الوصول إلى الحل (Abu Zeina, 2010). وجاءت المسألة الرياضية في هذه الدراسة متمثلة في اختبار المسألة الرياضية.

**حلّ المسألة الرياضية:** هي مجموعة من التحركات والخطوات والإرشادات التي يقوم بها المعلم أثناء الحصة الدراسية وفق خطوات حلّ المسألة الرياضية، إذ يقوم بقراءة المسألة، وإعادة صياغتها بلغته الخاصة وتحديد المعطيات والمطلوب، ثم يقوم الطالب باختيار الاستراتيجية الخاصة المناسبة للحل، ومن ثم تنفيذ خطة الحل، التي تتضمن تنفيذ الاستراتيجية أو مجموعة الاستراتيجيات بمهارة، وأخيراً تقويم الحل عبر التحقق من معقولية الإجابة (Abu Zeina, 2010). ويُعرّف حلّ المسألة إجرائياً في هذه الدراسة بأنه الدرجة التي تحقّقها الطالبة في اختبار المسألة الرياضية المُعد لذلك.

**القدرة المكانية:** هي القدرة على تناول، ودوران، ولف، وتحويل مثير مقدّم على شكل صورة (Abed, 1996).

وتُعرّف القدرة المكانية إجرائياً في هذه الدراسة بأنها الدرجة التي تحقّقها الطالبة في مقياس القدرة المكانية المُعد لذلك، والذي يعتمد على التحويل الهندسي الدوران في قياس القدرة المكانية لدى الطلبة.

### الإطار النظري

يوضح الإطار النظري مفهوم التأثيرات الضوئية، ويعرض عدداً من أمثلتها.

### التأثيرات الضوئية Illuminations

تُعد التأثيرات الضوئية إحدى مستحدثات برامج الحاسوب في تعليم الرياضيات وتطويع لقدراته، والتي أشار إليها المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM، وقدمها على أنها أنشطة ودروس حاسوبية، تعمل على تحسين قدرة المتعلم على فهم الرياضيات، بما تتضمنه من رموز ومجردات (NCTM, 2008).

ووفقاً لما عرضه المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM عن التأثيرات الضوئية، فإنها تُصمّم فنياً وفق تفاعل بين برنامجي فلاش Flash، وجافا Java، وتُقدم إلكترونياً مباشرة Online، وبذلك فهي بيئة إلكترونية تفاعلية من خلال المؤثرات الصوتية، والصور، والرسوم المتحركة، وباستخدامها يمكن تصميم تطبيقات ديناميكية تُمثل المجسّمات الرياضية، وتبني الأشكال الهندسية وتُحرّكها (NCTM, 2010).

وقد تناسب تقديم التأثيرات الضوئية مع معايير المحتوى التي أعلنتها المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM في عام 2000، فهناك أمثلة إلكترونية عن التأثيرات الضوئية في

الأعداد والعمليات عليها، والجبر، والهندسة، والقياس، وتحليل البيانات والاحتمالات، والمرحلة الدراسية من رياض الأطفال إلى الصف الثاني الثانوي (Keller, Hart & Martin, 2011).

وانسجاماً مع تلك المعايير، فقد عُرض (107) مثلاً إلكترونياً على الموقع الإلكتروني للمجلس الوطني لمعلمي الرياضيات (<http://illuminations.nctm.org>)، وصُنِّفت تلك الأمثلة وفق معايير المحتوى والمرحلة الدراسية التي تناسبها، وتضمّن كل مثال التأثير الضوئي كنشاط، بالإضافة إلى تقديم التفسير الرياضي للمثال، وفيما يلي عرض لعددٍ من الأمثلة الإلكترونية للتأثيرات الضوئية مع وصفها وطريقة التشغيل.

### مثال 1:

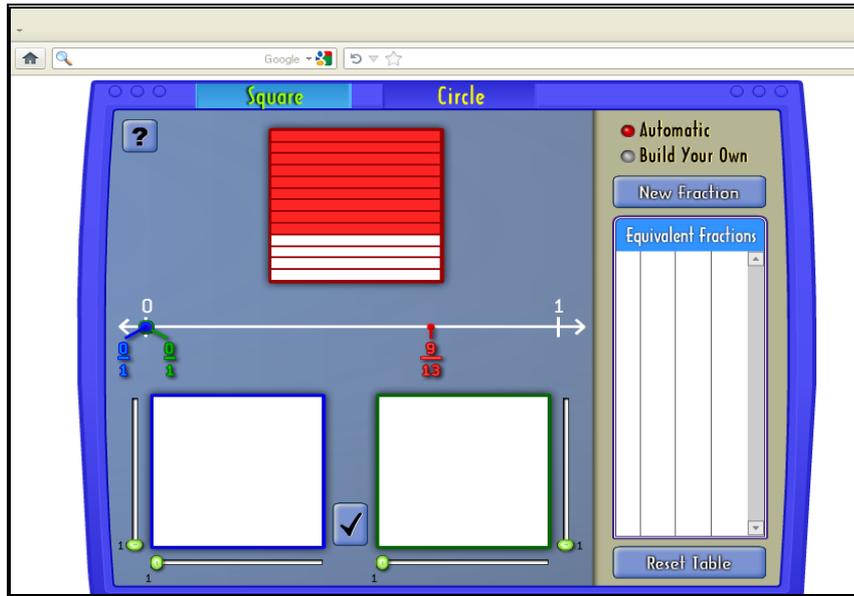
عنوان النشاط: الكسور المتكافئة

المرحلة (3-5)

معيار المحتوى: الأعداد والعمليات عليها

**الهدف:** بناء كسور متكافئة من خلال تقسيم مربعات أو دوائر أو تظليلها، وملائمة كل كسر مع النقطة التي تمثله على خط الأعداد.

**التأثير الضوئي:**



شكل (2): التأثير الضوئي للكسور المتكافئة.

### طريقة التشغيل

يختار المتعلم الشكل الذي يريد التمثيل به (دوائر أو مربعات)، ثم يختار مصدر المثال (التأثير الضوئي أو المتعلم نفسه)، وبعد ذلك يقوم المتعلم بتحريك التدرّج إلى أن يتطابق الكسر الذي أراد تمثيله مع التظليل أو التقسيم الذي طلب، ومن ثم يمثل على خط الأعداد.

### مثال (2)

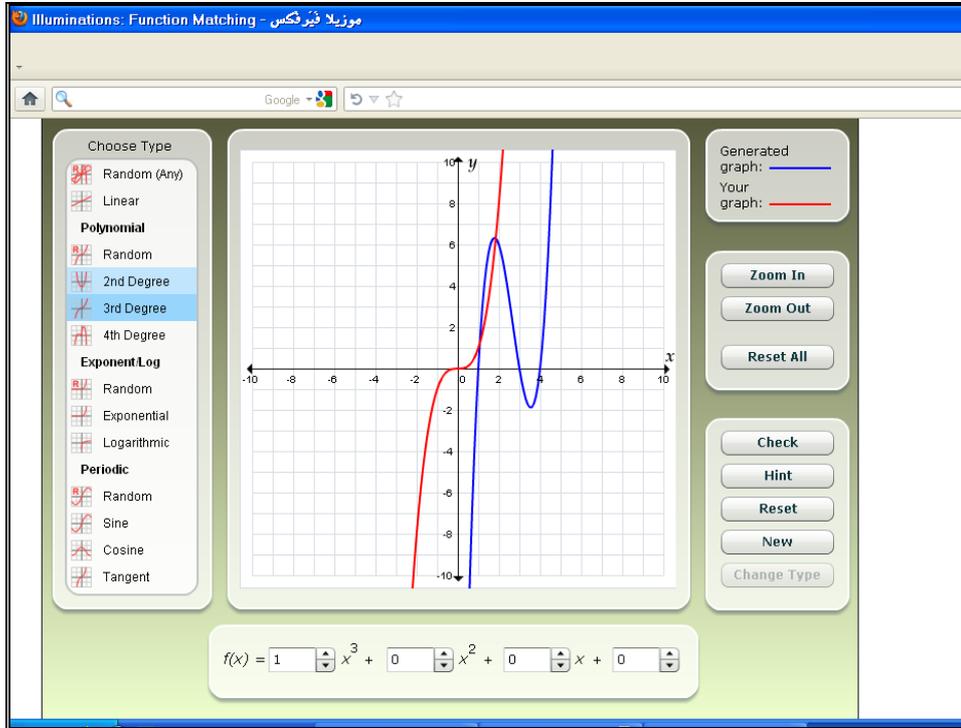
عنوان النشاط: رسم الاقترانات

المرحلة (12-9)

معيّار المحتوى: الجبر

الهدف: رسم اقترانات مختلفة النوع والدرجة.

التأثير الضوئي:



شكل (3): التأثير الضوئي لرسم الاقترانات.

## طريقة التشغيل

يكتب المتعلم معاملات الاقتران الذي يريد رسمه وتمثله إلى الدرجة الرابعة، كما بإمكانه أن يختار نوع الاقتران كثير الحدود (الدرجة الأولى إلى الدرجة الرابعة أو عشوائي)، والاقتران (أسي أو لوغاريتمي)، و اقتران مثلثي (الجيب، جيب التمام، الظل).

## مثال (3)

عنوان النشاط: استقصاء هندسي لتحليل المقدار  $(أ + ب)^2$

المرحلة (6-8)

معيار المحتوى: الجبر

الهدف: تحليل المقدار  $(أ + ب)^2$  بحيوية وتمثيل هندسي

التأثير الضوئي:



شكل (4): التأثير الضوئي لتحليل المقدار  $(أ + ب)^2$

### طريقة التشغيل

يحدد المتعلم طولي ضلعي المربعين (أ<sup>2</sup>، ب<sup>2</sup>)، ونتيجة لذلك تختلف مساحات الأشكال الهندسية التي تمثل (أ<sup>2</sup>، ب<sup>2</sup>، أ ب)، ومن ثم يضغط المتعلم على مفتاح "تطابق"، وتتحرك الأشكال لتعبأ المربع ذي الأضلاع زرقاء اللون، وبذلك يستنتج المتعلم أن:

$$(أ + ب)^2 = أ^2 + ب^2 + 2 أ ب$$

### الدراسات ذات الصلة

لم تشر الدراسات إلى أثر التأثيرات الضوئية Illuminations على متغيرات ذات علاقة بالمتعلمين، لكنها اهتمت بدراسة أثر برمجيات حاسوبية على المتعلمين، فقصدت دراسة بدر (Bader, 2001) أثر استخدام الحاسوب في التدريب في حلّ المشكلات الرياضية في تنمية قدرة طالبات قسم الرياضيات بكلية التربية بمكة المكرمة على حلّ هذه المشكلات وتكوين اتجاه إيجابي نحو الرياضيات. ولتحقيق ذلك، فقد اتبعت الباحثة تصميماً تجريبياً يعتمد على مجموعتين ضابطة وتجريبية، وعدد أفرادهما (67) طالبة في قسم تعليم الرياضيات في جامعة أم القرى، وتم جمع البيانات من خلال اختبار لحلّ المشكلات الرياضية ومقياس للاتجاه نحو الرياضيات. وأشارت النتائج إلى وجود فروق بين متوسط درجات الطالبات اللواتي استخدمن الحاسوب في التدريب على حلّ المشكلات الرياضية والاتجاه نحو الرياضيات ومتوسط درجات الطالبات اللواتي لم يستخدمنه لصالح الطالبات اللاتي استخدمن الحاسوب.

واستخدمت دراسة مانوتشيهرى (Manouchehri, 2004) برمجية تفاعلية في تعليم الجبر لدعم تدريسه في كلية مجتمع في بوسطن بالولايات المتحدة الأمريكية، ولتحقيق هدف الدراسة، فقد طوّقت برمجية نوكالك NuCalc ولمدة ثلاثة أسابيع في تدريس مادة الجبر، وتم قياس فاعلية البرمجية من خلال تفاعل المجموعة، والاستقصاء الرياضي الذي يقوم به المتعلمون، وتفاعل المعلم مع المتعلمين. وبعد استخدام المنهجين النوعي والكمي، خلصت النتائج إلى أن برمجية نوكالك أسهمت كأداة في توسيع التفكير الرياضي لدى الطلبة، ودفعت الطلبة إلى الانخراط أكبر في مناقشات المجموعة، كما توصلت النتائج إلى أن البرمجية أثبتت أنها وسيلة لتبسيط المفاهيم الجبرية، وقد غيرت من الثقافة الصفية بإحداث التفاعل بين المعلم والطلبة.

وأجرى البيطار (Al-Bitar, 2005) دراسة حول فعالية برنامج للتعلم الذاتي باستخدام الكمبيوتر لتدريس مقرر حساب الإنشاءات في تنمية التحصيل الدراسي والدافعية للإنجاز والقدرة المكانية لدى تلاميذ المرحلة الثانوية الصناعية في مصر. ولتحقيق هدف الدراسة فقد قام الباحث بإعداد برنامج للتعلم الذاتي باستخدام الكمبيوتر قائم على نمط التدريس الخصوصي واختبار تحصيلي، واختبار الدافعية للإنجاز، واختبارات القدرة المكانية الثنائية والثلاثية والذكاء العام، ثم قام الباحث بتطبيق الاختبارات قبلياً على مجموعتي الدراسة ورصد النتائج، ثم درست المجموعة الضابطة الوحدات كما وردت بالكتاب المدرسي بينما درست المجموعة التجريبية الوحدات باستخدام برنامج للتعلم الذاتي باستخدام الكمبيوتر. وبعد ذلك تم إجراء التطبيق البعدي

للاختبارات على مجموعتي الدراسة، وتم استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لمقارنة الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين ودالتهما الإحصائية. وتوصلت الدراسة إلى وجود فروق بين المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي للاختبار التحصيلي، والدافعية للإنجاز، والقدرة المكانية الثنائية، والقدرة المكانية الثلاثية لصالح تلاميذ المجموعة التجريبية.

وقامت عيد (Eid, 2005) بدراسة أثر استخدام الانترنت على حلّ المسألة الرياضية وقلق الرياضيات في المدارس الأساسية في الكويت، مقارنة باستخدام الورقة والقلم في حلّ المسألة الرياضية. ولتحقيق هدف الدراسة، فقد طبقت الباحثة تجربتها في إحدى المدارس الخاصة في مدينة الكويت، من خلال اتباع منهج تجريبي، وتم توزيع الطالبات أفراد الدراسة في مجموعتين؛ الأولى ضابطة وضمت (17) طالبة، والأخرى تجريبية وشملت (14) طالبة، وخضعت المجموعة الضابطة لاختبار في حلّ المسألة الرياضية يُحل باستخدام الورقة والقلم، وخضعت المجموعة التجريبية لاختبار مماثل على الانترنت، وكذلك الحال لمقياس قلق الرياضيات. وقد أشارت النتائج إلى تقارب نتائج المجموعتين الضابطة والتجريبية في اختبار حلّ المسألة الرياضية، ووجود درجة قلق رياضيات أدنى ودالة إحصائياً لطالبات المجموعة التجريبية من نظيراتهم في المجموعة الضابطة.

واستندت دراسة باشام (Basham, 2006) في تحسينها للقدرة المكانية على برمجية " كاد ثلاثية الأبعاد للنمذجة" 3-dimensional CADD modeling، فقد قام الباحث بتطبيق تصميم شبه تجريبي على مجموعتين ضابطة وتجريبية من طلبة الصف التاسع في ولاية ميسيسيبي الأمريكية، وتعلمت المجموعة الضابطة وحدة الاستقصاء التكنولوجي بالطريقة التقليدية، بينما تعلمت المجموعة التجريبية الوحدة نفسها من خلال برمجية كاد، وطبق الباحث اختبار بوردو للتصور الدوراني Purdue Visualization of Rotations قبلياً وبعدياً على المجموعتين، وأثبت نتائج التجربة لتشير إلى تفوق طلبة المجموعة التجريبية على طلبة المجموعة الضابطة في القدرة المكانية.

وحلّ لي وهولبيراند (Lee & Hollebrands, 2006) سلوك طلبة الصف الثامن أثناء حلّهم المسألة الرياضية من خلال تطبيقات جافا، ولاحظ الباحثان أنشطة الطلبة في صف الرياضيات، وقد هدفت الأنشطة إلى التحليل، والتخطيط، والتنفيذ، والتقويم، والتفسير، والتنظيم، ورمز الباحثان المهمات التي قام بها الطلبة وفقاً لأهداف الأنشطة، وخلصت النتائج إلى أن غالبية تطبيقات جافا كانت داعمة للطلبة في حلّهم المسألة الرياضية، وأسهمت في تحقيق أهداف الأنشطة.

وهدفت دراسة تشانج وسانج ولين (Cheng, Sung & Lin, 2007) إلى تحسين التفكير الهندسي من خلال برمجية وسائط متعددة، ولتحقيق هدف الدراسة، فقد استخدم الباحثون برمجية جيوكال GeoCal والتي تعتمد في بنائها على مستويات فان هيل Van Hiele في التفكير الهندسي، وهي الإدراك، والتعرف البصري، والوصف/التحليل، والتجريد/العلاقات. وكان أفراد الدراسة طلبة الصف الثاني الأساسي في إحدى المدارس التايوانية، وقد توزّعوا في مجموعتين

ضابطة وتجريبية، وقد أشارت النتائج إلى تحسن مستويات التفكير الهندسي لدى طلبة المجموعة التجريبية مقارنة بطلبة المجموعة الضابطة ما عدا مستوى الإدراك.

وقاست دراسة ثوماس (Thomas, 2007) أثر اللعبة الرياضية الحاسوبية سيف كراكر SafeCracker على حلّ مسائل رياضية وعلى الدافعية نحو الرياضيات، واتبع الباحث تصميماً تجريبياً على مجموعتين ضابطة وتجريبية عدد أفرادهما (77) طالباً، وتم تدريس المجموعة التجريبية وفق اللعبة الحاسوبية الرياضية، ودرست المجموعة الضابطة وفق الطريقة التقليدية، وبعد تطبيق اختبار في حلّ المسألة الرياضية ومقياس للدافعية. أظهرت النتائج قدرة أكبر لدى طلبة المجموعة التجريبية على حلّ المسألة الرياضية ودافعية أعلى من نظرائهم في المجموعة الضابطة.

وأجرى بابادبولوس وداقدليلس (Papadopoulos & Dagdilelis, 2008) دراسة قاست أثر استخدام الطلبة لأدوات تكنولوجية لتفسير المسألة الهندسية. ولتحقيق هدف الدراسة فقد قام الباحثان باستخدام ثلاثة برامج حاسوبية هي الرسّام Paint، والحاسب الهندسي (GeoComp)، وكابري Cabri في تعليم (98) طالباً من طلبة الصفين الخامس والسادس في اليونان استراتيجيات حسابية مثل تقدير المساحات، وحسابها، وتقسيم مساحة شكل هندسي، لتحسين قدرتهم على تفسير المسائل الهندسية. وبعد إجراء الإحصاءات المناسبة، أظهرت النتائج زيادة قدرة الطلبة على تفسير المسألة الهندسية، وتمثيلها ونمذجتها أيضاً.

واستخدمت دراسة سيو (Seo, 2008) برمجية ماث اكسبلورر Math Explorer في قياسها أثر برمجيات الوسائط المتعددة على حلّ المسألة الرياضية الكلامية وتخطي صعوباتها لدى طلبة الصفين الثاني والثالث، واتبع الباحث تصميماً تجريبياً أولياً لمجموعة مكونة من (4) طلاب تعلموا حلّ المسائل الرياضية الكلامية في الجمع والطرح، والمكونة من خطوة واحدة أو خطوتين، من خلال برمجية ماث اكسبلورر. وبعد المعالجة التجريبية لمدة (18) أسبوعاً، أثبتت النتائج تعلّم الطلبة دقة حلّ المسألة الرياضية الكلامية مقارنة بتلك الحلول التي استخدموا فيها الورقة والقلم.

وبحثت دراسة إدريس (Idris, 2009) أثر البرمجية الهندسية سكتش باد جيومتر Geometer Sketchpad على التحصيل في الهندسة وعلى التفكير الهندسي وفق مستويات فان هيل Van Hiele، واستخدم الباحث تصميماً شبيه تجريبياً بمجموعتين ضابطة وتجريبية من (65) طالب في مدرستين بماليزيا، وتعلّمت المجموعة التجريبية دروس الهندسة باستخدام البرمجية لمدة (10) أسابيع، بينما تعلّمت المجموعة الضابطة بالطريقة الاعتيادية. وقد توصلت النتائج إلى أثر برمجية سكتش باد Sketchpad في التحصيل الهندسي وفي تنمية التفكير الهندسي وفق مستويات فان هيل.

وتقصّت دراسة بوس (Bos, 2009) أثر عناصر رياضية افتراضية على المعرفة الرياضية لطلبة الصف العاشر في ولاية تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية، واتبعت الدراسة منهجاً شبيه تجريبياً، وتضمنت مجموعتين، إحداهما تجريبية وعدد أفرادها (48) طالباً،

والأخرى ضابطة مكونة من (47) طالباً، وصمّم الباحث دروس الاقترانات التربيعية لطلبة الصف العاشر باستخدام الآلة الحاسبة الراسمة *Graphic Calculators*. وبعد إجراء المعالجات الإحصائية المناسبة، أثبتت النتائج أن استخدام التكنولوجيا حسن من المستوى الأكاديمي للطلبة.

وهدفت دراسة بنتاس وكاملي (Bintas & Camli, 2009) إلى تعرّف أثر التدريس بمساعدة الحاسوب على نجاح الطلبة في حلّ مسائل رياضية على مفهومي المضاعف المشترك الأصغر، والقاسم المشترك الأكبر، واستمرت الدراسة لمدة (5) أسابيع على (102) طالباً في الصف السادس في إقليم أزمير في تركيا، وُرّعوا في مجموعتين ضابطة وتجريبية. وطوّرت الباحثان برنامجاً حاسوبياً وفق برمجة فلاش *Flash*، وأعدّوا اختباراً في حلّ المسألة الرياضية، ودرست المجموعة التجريبية دروس وحدة نظرية الأعداد باستخدام البرنامج الحاسوبي، بينما تعلّم أقرانهم في المجموعة الضابطة بالطريقة الاعتيادية. وبيّنت النتائج تفوق المجموعة التجريبية التي درست بالبرنامج الحاسوبي على أقرانهم الذين درسوا بالطريقة الاعتيادية في حلّ المسائل الرياضية التي تضمنت مفهومي المضاعف المشترك الأصغر والقاسم المشترك الأكبر.

وتقصت دراسة عطية (Atiah, 2009) أثر استخدام الوسائط التعليمية في تدريس الهندسة على تنمية مهارات حلّ المشكلات الهندسية، وكذلك دراسة أثر استخدام الوسائط التعليمية في تدريس الهندسة على القدرة المكانية، وبحث العلاقة بين مهارات حلّ المشكلات الهندسية والقدرة المكانية، وتم اختيار أفراد الدراسة من تلاميذ الصف الثاني الإعدادي الذين يدرسون هندسة التحويلات بسبب تدني مستوى هؤلاء التلاميذ في مهارات حلّ المشكلات الهندسية، وذلك من خلال نتائج الامتحانات الشهرية. وبلغ عدد أفراد العينة (74) تلميذاً تم تقسيمهم إلى مجموعتين متكافئتين، وتم تطبيق أدوات البحث قليلاً (اختبار حلّ المشكلات الهندسية، واختبار القدرة المكانية)، ثم درست إحدى المجموعتين باستخدام الوسائط المتعددة (التجريبية)، ودرست الأخرى بالطريقة الاعتيادية. وبعد الانتهاء من التدريس تم تطبيق أدوات البحث بعدياً. وبمعالجة النتائج إحصائياً تبين تفوق أفراد المجموعة التجريبية على أفراد المجموعة الضابطة في اختبار مهارات حلّ المشكلات الهندسية، حيث كانت الفروق دالة إحصائياً، كما تفوق أفراد المجموعة التجريبية على أفراد المجموعة الضابطة في اختبار القدرة المكانية، وكانت الفروق دالة إحصائياً، كما وجد ارتباط دالّ بين مهارات حلّ المشكلة الهندسية والقدرة المكانية.

وقام ساها وأيوب وتارمизи (Saha, Ayub & Tarmizi, 2010) بدراسة لقياس أثر استخدام برنامج جيوجبرا *GeoGebra* على تحصيل الطلبة في كوالالمبور بماليزيا من خلال توسيع تعلمهم لموضوع الإحداثيات الهندسية، واستخدمت الدراسة منهجاً شبه تجريبياً، على طلبة عددهم (53) في المرحلة الثانوية، ووُرّع الطلبة في مجموعتين وفق قدراتهم المكانية (مرتفعي القدرة المكانية، ومنخفضي القدرة المكانية)، ودرّست المجموعة التجريبية التي ضمّت الطلبة منخفضي القدرة المكانية بواسطة برنامج *GeoGebra*، بينما درست المجموعة الضابطة مرتفعة القدرة المكانية بالطريقة الاعتيادية. وطبّق اختبار التحصيل ومقياس للقدرة المكانية على المجموعتين، وأظهرت النتائج تحسّن تحصيل الطلبة ذوي القدرة المكانية المنخفضة، وكذلك ارتفاع القدرة المكانية لديهم.

وفحصت دراسة شيرفاني (Shirvani, 2010) أثر استخدام تكنولوجيا الحاسوب على أداء الطلبة متدني التحصيل في ولاية تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية، وأجريت الدراسة على (127) طالباً في مستوى الصف الأول الثانوي، ووزَّع الطلبة في مجموعتين إحداهما تجريبية (65) طالباً، والأخرى ضابطة شملت (62) طالباً، وصمَّم الباحث وحدة الجبر ببرامج حاسوبية، وأظهرت الدراسة تحسناً ملحوظاً في أداء الطلبة الذين استخدموا البرامج الحاسوبية عن أقرانهم الذين درسوا بالطريقة الاعتيادية.

وهدفت دراسة هيان وأتسوسي ومانسوره (Haiyan, Atsusi & Mansureh, 2010) إلى قياس أثر ألعاب رياضية حاسوبية حديثة على تحصيل الطلبة في الرياضيات ودافعتهم نحوها، وشارك في الدراسة (193) طالباً وطالبة، وتوزَّعوا في مجموعتين ضابطة وتجريبية، وتبنَّت الدراسة منهجاً كمياً شبه تجريبي بالإضافة إلى مقابلات مع معلمي الرياضيات الذين اشتركت صفوفهم في الدراسة. وأشارت الدراسة إلى تفوق طلبة المجموعة التجريبية التي تعلمت باستخدام الألعاب الحاسوبية على طلبة المجموعة الضابطة، كما تحسنت دافعتهم نحو تعلم الرياضيات.

وتقصت دراسة كارال وسبيبي وبكسين (Karal, Cebi & Peksen, 2010) أثر استخدام المحاكاة عن طريق شبكة الإنترنت في تحسين قدرة طلبة الصف الثامن على حل المسألة الرياضية والتغلب على الصعوبات التي تواجههم في ذلك، وقد شارك في التجربة (10) طلاب وتم تطبيق اختبار حل المسألة الرياضية المكون من (20) فقرة، بالإضافة إلى إجراء مقابلات مع المشاركين في التجربة. وقد خلصت الدراسة إلى أن استخدام المحاكاة عن طريق شبكة الإنترنت قد ساعد الطلبة في فهم المسألة الرياضية وتفسير معناها.

وفحصت دراسة هارتر وكو (Harter & Ku, 2010) أثر تعليم الجوار الهندسي بالاعتماد على الحاسوب، على حل المسألة الرياضية الكلامية المكونة من خطوتين، واتبعت الباحثان منهجاً تجريبياً، بمشاركة 98 طالباً من طلبة الصف السادس في ولاية كولورادو، توزَّعوا في مجموعتين ضابطة وتجريبية. وبعد إجراء التحليلات الإحصائية المناسبة، فقد أشارت نتائج الدراسة إلى زيادة قدرة طلبة المجموعة التجريبية في حل المسألة الرياضية الكلامية، مقارنة بنظرانهم في المجموعة الضابطة.

وأما دراسة هويتمان (Hauptman, 2010) فقد قاست أثر استخدام برمجة الفضاءات الافتراضية Virtual Spaces على التفكير المكاني لطلبة في الصف العاشر، بلغ عددهم (192) طالباً توزَّعوا في أربع مجموعات؛ استخدمت المجموعة الأولى برمجة الفضاءات الافتراضية مع أسئلة مضبوطة ذاتياً Self-regulating questions، واستخدمت المجموعة الثانية البرمجة لوحدها، بينما استخدمت المجموعة الثالثة الأسئلة المضبوطة ذاتياً، وتنبَّت المجموعة الرابعة كمجموعة ضابطة. وقد أشارت النتائج إلى تفوق المجموعة التي استخدمت برمجة الفضاءات الافتراضية مع الأسئلة المضبوطة ذاتياً في مستوى التفكير المكاني.

وتقصت دراسة كوسا وكاراكوس (Kosa & Karakos, 2010) أثر برمجة هندسية ديناميكية (كابري Cabri 3D) في تدريس الهندسة التحليلية، وطُبقت التجربة على (24) معلماً يحملون درجة البكالوريوس في الرياضيات، ويلتحقون بمساق تدريبي في تعليم الرياضيات، وقد أشارت النتائج إلى أن برمجة كابري كانت فعّالة في تدريس الهندسة التحليلية، إضافة إلى تسهيلها الفهم من خلال التمثيل، وذلك كما أفاد المعلمون.

وقاست دراسة كورتبولس وأويجان (Kurtulus & Uygan, 2010) أثر الأنشطة الهندسية القائمة على راسم جوجل (Google Sketch Up) في القدرة المكانية التصورية للطلبة المعلمين في تخصص الرياضيات. واستخدم الباحثان التصميم التجريبي باختبارات قبلية وبعديّة ومجموعتين ضابطة وتجريبية، ولذلك فقد درست المجموعة الضابطة بالأسلوب الاعتيادي، بينما درست المجموعة التجريبية من خلال راسم جوجل لتمثيل الأشكال والمجسمات الهندسية. وطبّق الباحث اختبار سانتا باربرا Santa Barbara للقدرة المكانية للمجسمات الهندسية. وبعد تحليل النتائج، فقد تفوقت المجموعة التجريبية على المجموعة الضابطة في اختبار القدرة المكانية.

وهدفت دراسة أقضى وحاميدي وراحمي (Aqda, Hamidi & Rahimi, 2011) إلى مقارنة أثر التدريس المعتمد على الحاسوب وأثر التدريس التقليدي على إبداع الطلبة في الرياضيات، وذلك في مدارس مدينة طهران الإيرانية. ولتحقيق هدف الدراسة اتبع الباحثون تصميمًا شبه تجريبي على مجموعتين ضابطة وتجريبية باختبار قبلي وبعدي، وتمثّل الاختبار في مقياس تورانس للإبداع (نسخة ب) والمترجم إلى الفارسية. وأشارت النتائج إلى وجود فرق لصالح الطلبة الذين تعلموا الرياضيات وفق التدريس المعتمد على الحاسوب.

ويحثت دراسة إرباس وينمز (Erbas & Yenmez, 2011) أثر الاكتشافات المعتمدة على الاستقصاء من خلال برمجة البيئة الهندسية الديناميكية (Dynamic Geometry Environment) في تحصيل طلبة الصف السادس الأساسي في فهم المضلعات وتطابقها وتشابهها. ولتحقيق هدف الدراسة فقد أُختير (66) طالباً، ووزعوا في مجموعتين ضابطة وتجريبية، درست المجموعة الضابطة وفق الطريقة الاعتيادية، ودرست المجموعة التجريبية وفق الاستقصاء ببرمجة البيئة الهندسية الديناميكية. وبعد إجراء الاختبار البعدي في التحصيل، أشارت النتائج إلى تفوق واضح لطلبة المجموعة التجريبية في تحصيلهم الرياضي، كما ارتفع مستوى الدافعية نحو تعلم الهندسة، وكذلك مستوى الاستطلاع والفضول والتقصّي.

وتقصّت دراسة يودا (Yuda, 2011) فاعلية مواد تربوية رقمية على تطوير التفكير المكاني لطلبة مرحلة أساسية في اليابان. ولتحقيق هدف الدراسة، فقد قام الباحث بتصميم ألعاب فيديو من خلال برمجة فلاش، وطبّقها على مجموعة من طلبة الصف الرابع، وفي بداية التجربة أجاب 20% منهم فقط وخلال 5 دقائق على الأسئلة التي تتعلق بالأشكال ومواقعها والمعلومات المكانية التي تتطلبها لعبة الفيديو، وبعد مرور ثلاثة أسابيع أجاب 80% منهم على

الأسئلة وخلال 5 دقائق، وقد أشار ذلك إلى أن لعبة الفيديو المحوسبة أسهمت في تعزيز التفكير المكاني لدى الطلبة.

وتتشابه الدراسة الحالية مع مجمل الدراسات ذات الصلة في إتباعها تصميماً تجريبياً، يُمكن من دراسة فاعلية التأثيرات الضوئية، بينما تختلف عنها فيما يلي:

- اعتمادها التأثيرات الضوئية أساساً في بناء البرمجية التعليمية، والتي لم يسبق لأي دراسة أن استخدمتها.
- بناء البرنامج التعليمي على أنه نظام متكامل له مدخلات ومخرجات وعمليات.
- دمجها بين برنامجين حاسوبيين معاً، وهما فلاش Flash وجافا Java، فسبق أن استخدمت دراسات أحد البرنامجين، لكن لم يسبق لأي دراسة أن استخدمتهما معاً.
- إجرائها في فلسطين، إذ لم يسبق لأي دراسة ذات صلة أن أجريت في فلسطين، خاصة في ظل تطبيق منهاج رياضيات فلسطيني أول.
- وقد استفادت الدراسة الحالية من الدراسات ذات الصلة في:
- استكشاف الإمكانيات الفنية لبرمجيات محوسبة متنوعة تناولتها الدراسات ذات الصلة، مما أفاد في استثمار تلك الإمكانيات واستيعابها في برمجية التأثيرات الضوئية.
- تعرف تنوع من المقاييس في القدرة المكانية، والمسائل الرياضية، وكيفية إعدادها.
- دراسة عدد من تعليمات البرمجة وأوامرها، مما مكن من معرفة بعض الاصطلاحات الجديدة في تعلم الرياضيات وتعليمها.

#### أفراد الدراسة

تم اختيار أفراد الدراسة من بين طالبات مدرسة جمال عمر المصري في محافظة نابلس بطريقة قصدية لإجراء الدراسة عليها، وقد اختيرت هذه المدرسة لسهولة التواصل مع معلّمة الرياضيات وتعاون إدارة المدرسة، وتوفر مختبر حاسوب مناسب لعدد طالبات الصف السابع الأساسي مع وجود (5) شعب لطالبات الصف السابع الأساسي، ما ساعد في تطبيق إجراءات الدراسة ومتابعتها. وقد تم توزيع الشعب بطريقة عشوائية، مما سهّل اختيار مجموعتي الدراسة التجريبية والضابطة.

وقد تم اختيار الشعبتين (أ) و (ب) عشوائياً، حيث جاءت الشعبة (أ) – وعدد طالباتها (35) طالبة – كمجموعة تجريبية طُبّق عليها البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية، وجاءت الشعبة (ب) – وعدد طالباتها (32) طالبة – كمجموعة ضابطة طُبّق عليها برنامج التدريس الاعتيادي. وبذلك يكون مجموع أفراد الدراسة (67) طالبة.

## أدوات الدراسة

تتضمن أدوات الدراسة البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية، واختبار حلّ المسألة الرياضية، ومقياس القدرة المكانية. وفيما يلي عرض لكل منها.

## أولاً: البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية

بغرض تحقيق هدف الدراسة الحالية، تم إعداد برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية، وبدأت الخطوة الأولى في بناء البرنامج، بالتفكير في كيفية إعداد البرنامج التعليمي كتصميم متماسك، بالإضافة إلى دراسة الإمكانيات التربوية لكل من لغة جافا Java، وبرمجة فلاش Flash، ومراجعة ما أصدره المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM عن التأثيرات الضوئية من منشورات أو عبر موقعه الإلكتروني ذي العلاقة بالتأثيرات الضوئية.

وتتويجاً لما تقدم، فقد عُدّ البرنامج التعليمي "نظاماً متكاملًا"، يتضمن مُدخلات وعمليات ومخرجات، وبعد استشارة خبير في بناء البرامج التعليمية وتصميمها كأنظمة، فقد أتى البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية ليتكون مما يلي:

## أ. المدخلات

يتضمن البرنامج نوعين من المدخلات: مدخلات بشرية، ومدخلات فنية.

## المدخلات البشرية

- طالبات الصف السابع الأساسي في مدرسة جمال عمر المصري في مديرية التربية والتعليم في نابلس.
- معلّمة رياضيات الصف السابع الأساسي في المدرسة.
- مشرف الرياضيات في مديرية التربية والتعليم في نابلس.
- المصمّم.
- المبرمج.

## المدخلات الفنية

- وحدة الجبر في كتاب الرياضيات للصف السابع الأساسي.
- مختبر حاسوب مدرسي.
- جهاز عرض البيانات Data Show.
- برامج الحاسوب فلاش Flash، وجافا Java، وفلاش بلاير Flash Player.

- خطط تدريس وحدة الجبر وفق البرنامج التعليمي.
- خطط تدريس وحدة الجبر وفق الطريقة الاعتيادية.
- ب. العمليات**
- يتضمن البرنامج التعليمي العمليات الآتية:
  - تحليل محتوى وحدة الجبر.
  - برمجة دروس وحدة الجبر وفق برنامجي فلاش Flash، وجافا Java.
  - تحميل برامج فلاش Flash، وجافا Java، وفلاش بلاير Flash Player على أجهزة الحواسيب المعدّة لذلك.
  - التجريب الفني لدروس وحدة الجبر.
  - إعداد دليل المعلم لتدريس وحدة الجبر وفق الأسلوب الجديد.
  - عقد جلسات مع معلمة الرياضيات.
  - عقد جلسات مع مشرف الرياضيات.
  - تدريس طالبات الصف السابع الأساسي وحدة الجبر.
- ج. المخرجات المتوقعة**
- يُتوقع للبرنامج التعليمي أن يحقق المخرجات الآتية:
  - تحسين القدرة المكانية لدى الطلبة.
  - تحسين قدرة الطلبة على حلّ مسائل رياضية.

#### صدق البرنامج التعليمي المدعّم بالتأثيرات الضوئية

تضمّن صدق البرنامج التعليمي نوعين من التحكيم، أولهما تحكيم فني تقني، للتحقق من أنّ البرنامج التعليمي يحقق مواصفات البرمجية التعليمية من حيث المواصفات التربوية والفنية. وتأكيداً لذلك فقد تمّ تصميم صحيفة تقييم للبرمجية التعليمية مرفقة بقرص مُدمج يتضمن البرنامج التعليمي ولغة Java وبرمجية فلاش Flash وفلاش ميديا بلاير Flash Media Player، وتحليلاً لمحتوى وحدة الجبر قيد الدراسة، كي يستطيع المُحكّم عرض البرنامج التعليمي ودراسته عن كُتُب. وقد تمّ اللقاء بمحكّم البرنامج التعليمي بعد دراستهم له، والتعرّف منهم على التحسينات التي يجب تضمينها فيه؛ ليحقق المواصفات الفنية والتربوية في البرمجية التعليمية. وتركّزت التحسينات الفنية في استثمار أفضل لقدرات برمجية فلاش Flash، فقد تبين أن الإلمام

ببرمجية فلاش Flash جاء أكبر منه في الإلمام بلغة جافا Java؛ نظراً لسهولة استخدامها، وصغر السعة التي تحتاجها في ذاكرة القرص الصلب. وقد تم الأخذ بجميع الملحوظات التي أبدتها المقيّمون التقنيون؛ لتوافقها في معظم الأحيان.

أما النوع الثاني لصدق البرنامج التعليمي فتمّ من خلال عرض البرنامج التعليمي على مجموعة من تربيوي الرياضيات متمثلة في متخصصّ في تعليم الرياضيات في جامعة النجاح الوطنية في نابلس، ومشرف الرياضيات في مديرية التربية والتعليم في نابلس، وأربعة معلّمي رياضيات للصف السابع الأساسي في مديرية التربية والتعليم في نابلس، بالإضافة إلى عقد ورشة عمل ضمّت عدداً من معلّمي ومعلّمات الرياضيات للصف السابع الأساسي. وقد أبدى المحكّمون ملحوظات تمثلت في أن تُرسم الأشكال الهندسية بدقة متناهية، ومن ذلك أن يُرسم المربع مربعاً، وقد ظهر ذلك في تصميم المربع مستطيلاً عند تحليل الفرق بين مربعين. كما أشارت الملحوظات إلى أن تُصمّم الأمثلة نفسها لطالبات المجموعتين الضابطة والتجريبية كما وردت في وحدة الجبر في كتاب الرياضيات في الصف السابع الأساسي.

### ثانياً: اختبار حلّ المسألة الرياضيّة

تحقيقاً لهدف الدراسة، فقد تمّ بناء اختبار حلّ المسألة الرياضيّة، وذلك وفقاً للخطوات الآتية:

1. مسح الأدب النظري والدراسات والدوريات ذات الصلة بقياس المسألة الرياضية وحلّها، واستراتيجيات حلّها، ومن الأمثلة على ذلك مجلة تعليم الرياضيات في المدرسة المتوسطة Teaching Mathematics in the Middle School والتي تصدر شهرياً عن المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات NCTM، وتتضمّن كل مجلة (30) مسألة رياضية.
2. استشارة عدد من المتخصصّين في تعليم الرياضيات عن المسألة الرياضية.
3. الاستعانة بمواقع عالمية متخصصة في تدريس الرياضيات مثل المجلس الوطني لمعلمي الرياضيات في الولايات المتحدة الأمريكية NCTM.
4. دراسة نماذج لاختبارات في المسألة الرياضية مثل University of Kent Center of Reasoning and Annual Math League Contests.
5. كتابة فقرات أولية لاختبار المسألة الرياضية، وقد بلغ عددها (20) فقرة في الصورة الأولية للاختبار.
6. تحكيم اختبار المسألة الرياضية، وذلك بعرضه على مجموعة من المتخصصّين في تعليم الرياضيات في جامعة النجاح الوطنية، ومشرف الرياضيات ومعلّمها للصف السابع الأساسي في محافظة نابلس.
7. تجريب الاختبار على مجموعة من طالبات الصف السابع الأساسي غير أفراد الدراسة، وذلك لغرلة الاختبار واستخراج معاملات الصعوبة والتمييز لفقراته.

8. إعداد الاختبار بصورته النهائية من أجل التطبيق وإعادته على أفراد الدراسة في المجموعتين الضابطة والتجريبية.
9. أُعطيت درجة واحدة للاستجابة الصحيحة للفقرة من اختبار حلّ المسألة الرياضية، وأعطيت الدرجة صفر للاستجابة الخاطئة، وبهذا تراوحت درجات إجابات الطالبات على الاختبار بين (صفر) و (15) درجة.

#### صدق اختبار حلّ المسألة الرياضية

للتأكد من صدق المحتوى لاختبار حلّ المسألة الرياضية، فقد تم عرضه بصورته الأولية على عدد من المحكمين، من بينهم أعضاء هيئة تدريس متخصصين في تعليم الرياضيات في جامعة النجاح الوطنية، ومتخصص في القياس والتقويم، ومشرف الرياضيات وأربعة معلمين للصف السابع الأساسي في محافظة نابلس، وطلب إلى كل من هؤلاء المحكمين إبداء رأيه في فقرات الاختبار من حيث قياسه المسألة الرياضية، ومدى سلامة الصياغة اللغوية ووضوحها، وكفاية الزمن لعدد الأسئلة، وتوفّر إجابة صحيحة واحدة للسؤال، ووجود نمط في بدائل المسألة الرياضية، وذكر أية ملاحظات أخرى، وحذف الفقرات غير المناسبة أو تعديلها، أو اقتراح فقرات جديدة، وقد تكوّن الاختبار في صورته الأولية من (20) فقرة من نوع الاختيار من متعدد، وبعد لقاء المحكمين واستعادة النسخ منهم، تم تفريغ الملاحظات الواردة ودراستها باهتمام. وتم الأخذ بملاحظات المحكمين والتي أشارت إلى عدم كفاية حصة دراسية واحدة للإجابة عليها، فقد أفاد المعلمون أنه استغرقهم (15) دقيقة تقريباً للإجابة عن المسائل الرياضية في الاختبار، مما دعا إلى تقليص عدد فقرات الاختبار إلى (15) مسألة، تجيب عنها طالبات الصف السابع الأساسي، وقد تمّ التأكد من ذلك عندما طبّق الاختبار على عينة من خارج أفراد الدراسة، حجمها (45) طالبة.

#### معاملات الصعوبة والتمييز لفقرات اختبار حلّ المسألة الرياضية

بغرض الكشف عن الفقرات التي تتصف بعدم قدرتها على التمييز بين الطالبات، وكذلك الفقرات التي تتصف بالصعوبة الشديدة أو السهولة الشديدة، تمهيداً لحذفها من الاختبار، فقد تمّ تطبيق اختبار حلّ المسألة الرياضية على عينة استطلاعية شملت (318) طالباً وطالبة في عدد من مدارس مدينة نابلس. وبعد تصحيح الإجابات، تم استخراج معاملات الصعوبة والتمييز لجميع الفقرات، وقد تراوحت معاملات الصعوبة بين (0.20-0.53)، مما يعني عدم وجود فقرات ذات معامل صعوبة أكثر من (0.85) أو أقل من (0.20)، كما تراوحت قيم معاملات التمييز لفقرات الاختبار بين (0.32-0.70)، مما يعني عدم وجود فقرات ذات معامل تمييز أقل من (0.20). وتُعد هذه القيم مقبولة تربوياً لاستخدام اختبار حلّ المسألة الرياضية في الدراسة الحالية (Crocker & Algina, 1986)، وبناء عليه لم يتم حذف أي فقرة من فقرات اختبار حلّ المسألة الرياضية في ضوء معاملات الصعوبة والتمييز.

### ثبات اختبار حل المسألة الرياضية

بغرض الكشف عن ثبات اختبار حل المسألة الرياضية، تم تطبيق الاختبار على عينة استطلاعية شملت (38) طالبة في مدرسة سعيد بن عامر الأساسية، وقد تم حساب معامل الثبات بطريقة الاتساق الداخلي وفق معادلة ألفا كرونباخ Cronbach Alpha، وبلغت قيمة معامل الثبات (0.81)، وتعد هذه القيمة مقبولة تربوياً لاستخدام اختبار حل المسألة الرياضية في الدراسة الحالية (Crocker & Algina, 1986).

### ثالثاً: مقياس القدرة المكانية

استخدم مقياس القدرة المكانية المتمثل في دوران النماذج، وهو أحد اختبارات القدرات العقلية (الذهنية) الابتدائية Primary Mental Abilities PMA، الصادرة عن مؤسسة مشاركي البحوث العلمية في الولايات المتحدة Science Research Associates, Inc.، وقد قام بإعدادها وتطويرها " ثيرستون وثيرستون " (Thurstone & Thurstone, 1973)، وقد تم تعريب المقياس وتكييفه والتأكد من صدقه في البيئة العربية (Abed, 1996)، ويقاس المقياس القدرة في الكشف عن الفروق بين الأشكال، ويحتوي الاختبار على (20) فقرة، تتضمن كل فقرة نموذجاً واحداً إلى اليمين، وثمانية نماذج إلى اليسار، وعلى الطالب أن يقرر أي من النماذج الثمانية يتفق (يشابه) النموذج إلى اليمين، وأي منها لا يتفق معه (يخالفه)، وتأكيداً لذلك يضع الطالب علامة (×) في المربع بجوار الكلمة (نعم) إذا كان النموذج يتفق مع النموذج إلى اليمين، ويضع الطالب علامة (×) في المربع بجوار الكلمة (لا) إذا كان هذا النموذج لا يتفق مع النموذج إلى اليمين، ويوضح الشكل (8) مثالاً على طريقة الإجابة على المقياس.



شكل (8): مثال على الإجابة على مقياس القدرة المكانية.

ويتكون الاختبار من جزأين، يتضمن كل جزء (10) فقرات، وحُدّد الزمن المخصّص للإجابة عن كل جزء بثلاثة دقائق فقط، ويتم الانتقال إلى الجزء الثاني بمجرد إنهاء الإجابة عن الجزء الأول. وتُقاس علامة الطالب على مقياس القدرة المكانية كما يلي: عدد الفقرات الصحيحة - عدد الفقرات الخاطئة. وحيث إن الاختبار يشمل (160) بديلاً للإجابة بنعم أو لا، فإن درجة الطالب تتراوح بين (-160 إلى 160).

### ثبات مقياس القدرة المكانية

بغرض الكشف عن ثبات مقياس القدرة المكانية، تم تطبيق الاختبار على عينة استطلاعية شملت (38) طالبة في مدرسة سعيد بن عامر الأساسية، وبعد أسبوعين تم تطبيق المقياس مرة أخرى على العينة الاستطلاعية نفسها، ليتم إيجاد ثبات الاختبار بطريقة إعادة الاختبار -test

retest، وقد بلغت قيمة معامل الثبات بهذه الطريقة (0.80)، كما تم حساب معامل الثبات بطريقة الاتساق الداخلي وفق معادلة ألفا كرونباخ Cronbach Alpha، وبلغت قيمة معامل الثبات بهذه الطريقة (0.84)، وتعد القيمتان مقبولتين تربوياً لاستخدام مقياس القدرة المكانية في هذه الدراسة (Crocker & Algina, 1986).

### إجراءات الدراسة

لتحقيق الأهداف المرجوة من الدراسة، تم اتباع الإجراءات الآتية:

1. إعداد البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية، والتحقق من صدقه.
2. إعداد اختبار حلّ المسألة الرياضية ومقياس القدرة المكانية، والتحقق من صدق اختبار حلّ المسألة الرياضية وثباته، وكذلك التحقق من ثبات مقياس القدرة المكانية.
3. اختيار العينة قصدياً، وتوزيعها عشوائياً في مجموعتين: الأولى تجريبية تدرس البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية، والثانية ضابطة تدرس بالطريقة الاعتيادية.
4. تجهيز مختبر الحاسوب التابع لمدرسة جمال عمر المصري بالبرنامج التعليمي ومرفقاته، وتنصيبه على أجهزة الحاسوب، والتأكد من تشغيل دروس الرياضيات في وحدة الجبر للصف السابع الأساسي.
5. عقد عدة لقاءات مع مشرف الرياضيات ومعلمة الرياضيات التي قامت بتنفيذ التجربة، وطبقت البرنامج التعليمي على المجموعة التجريبية، وفي الوقت نفسه علمت المجموعة الضابطة بالطريقة الاعتيادية، وتنفيذ حصة افتراضية دون وجود الطالبات في مختبر الحاسوب، وكذلك تنفيذ حصة صافية أمام المعلمة لإرشادها عملياً في تنفيذ البرنامج التعليمي.
6. تطبيق اختبار حلّ المسألة الرياضية ومقياس القدرة المكانية على مجموعتي الدراسة، واستخراج المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات طالبات المجموعتين، وذلك قبل البدء في تنفيذ البرنامج التعليمي، وعُد ذلك بمثابة التطبيق القبلي لاختبار حلّ المسألة الرياضية ومقياس القدرة المكانية.
7. تنفيذ المعالجة التجريبية (البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية) على أفراد الدراسة، وبواقع (5) حصص أسبوعياً لمدة أربع أسابيع في الفصل الدراسي الأول من العام 2012.
8. زيارة المدرسة التي جرى فيها تنفيذ الدراسة عدة مرات، وحضور بعض الحصص الصافية للمجموعتين الضابطة والتجريبية، وتسجيل الملاحظات خلال تنفيذ التجربة، للتأكد من دقة تنفيذ المعلمة للبرنامج التعليمي، والتعرّف إلى مواطن القوة والضعف في التنفيذ.

9. بعد الانتهاء من تطبيق البرنامج التعليمي، تم تطبيق اختبار حلّ المسألة الرياضية، ومقياس القدرة المكانية على طالبات الصف السابع الأساسي في المجموعتين الضابطة والتجريبية.
10. تم تصحيح أوراق اختبار المسألة الرياضية ومقياس القدرة المكانية، وفق معايير التصحيح التي ذُكرت سابقاً، ومن ثم تم جمع البيانات وتفرغها في جداول خاصة، وإدخال البيانات على الحاسوب ومعالجتها إحصائياً باستخدام الرزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS، واستخراج النتائج.

### نتائج الدراسة ومناقشتها

أظهر تحليل البيانات التي جُمعت من خلال أدوات الدراسة النتائج الآتية

#### أولاً: النتائج المتعلقة بالسؤال الأول ومناقشتها

نصّ السؤال الأول على ما يلي: "ما أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في حلّ المسألة الرياضية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين؟".

وللإجابة عن هذا السؤال، صيغت الفرضية الأولى لهذه الدراسة، والتي تنصّ على ما يلي: "لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية ( $\alpha = 0.05$ ) بين متوسطي درجات طلبة المجموعة التجريبية (البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) ودرجات طلبة المجموعة الضابطة (الطريقة الاعتيادية) في اختبار حلّ المسألة الرياضية".

ولاختبار الفرضية الأولى تم استخراج المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات طالبات الصف السابع الأساسي في المجموعة الضابطة (التي لم تخضع للبرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية)، والمجموعة التجريبية (التي خضعت للبرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) على اختبار حلّ المسألة الرياضية القبلي والبعدي، وكانت النتائج كما في الجدول (1).

**جدول (1):** المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والمتوسطات الحسابية المعدلة لدرجات طالبات الصف السابع الأساسي على اختبار حلّ المسألة الرياضية تبعا للبرنامج التعليمي (تجريبية، ضابطة).

المتوسط المعدل	البعدي		القبلي		العدد	المجموعة
	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي		
9.633	2.649	9.625	1.424	8.313	32	ضابطة
11.878	2.323	11.886	1.676	8.114	35	تجريبية

يبين الجدول (1) فرقاً ظاهرياً في المتوسطات الحسابية والمتوسطات المعدلة لأداء طالبات الصف السابع الأساسي على اختبار حلّ المسألة الرياضية، بسبب اختلاف البرنامج التعليمي (التجريبية، الضابطة)

ولبيان دلالة الفروق الإحصائية بين المتوسطات الحسابية تم استخدام تحليل التباين الأحادي المصاحب (ANCOVA)، وكانت النتائج كما في الجدول (2).

**جدول (2):** تحليل التباين الأحادي المصاحب (ANCOVA) لأثر البرنامج التعليمي على درجات طالبات الصف السابع الأساسي في المجموعتين الضابطة والتجريبية على اختبار حلّ المسألة الرياضية.

الدلالة الإحصائية	قيمة ف	متوسط المربعات	درجات الحرية	مجموع المربعات	المصدر
0.686	0.165	1.033	1	1.033	القبلي (المشترك)
0.001	13.421	83.881	1	83.881	البرنامج التعليمي
		6.250	64	400.010	الخطأ
			<b>66</b>	<b>486.478</b>	<b>الكلّي</b>

يشير الجدول (2) إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية ( $\alpha = 0.05$ )، حيث بلغت قيمة (ف) 13.421 وبدلالة إحصائية 0.001، وجاء الفرق لصالح المجموعة التجريبية، التي درست باستخدام البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية.

وهذه النتيجة تعني أن البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية يؤثر في حلّ المسألة الرياضية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين، مما يشير إلى رفض الفرضية الأولى.

ويمكن إرجاع الأثر الإيجابي للبرنامج التعليمي في حلّ المسألة الرياضية إلى عدد من الأسباب، منها طبيعة التأثيرات الضوئية في عرض المسألة الرياضية، فهي تقدّم معطيات المسألة الرياضية بدديناميكية وحيوية، وتجمعها وتفصلها وتنتقل بينها إلى الأمام وإلى الخلف وفق السرعة ومستوى الفهم التي يرغب بهما المتعلم، وهذا قد يمنح المتعلم فرصة كافية لمعالجة معلومات المسألة، ليصل إلى درجة عالية من قراءة المسألة وفهمها. وعلاوة على ذلك فإن التأثيرات الضوئية تحقق فائدة مزدوجة في تعلم حلّ المسألة الرياضية، فهي من جهة تُمثّل رموز المسألة وتعبيراتها بشكل أو بجمسم، ومن جهة أخرى تحركها وتُدورها، وهذا يجعل من حلّ المسألة الرياضية متعة للمتعلم وإثارة للذهن وكسر للجمود والتفكير الخطي.

ولعلّ إمكانات التأثيرات الضوئية في استثمار أكبر عدد من حواس المتعلم في التعلم، قد ألقى بظلاله على حلّ المسألة الرياضية، فالطالب تعدّى دوره المتفرج في التأثيرات الضوئية، فعالج التمارين والتدريبات بعينيه ويديه، واندمج في التعلم بنشاط وحيوية، مما يدعو إلى تخطي تحدي المسألة الرياضية. ويؤكد كيلر ورفاقه (Keller, Hart & Martin., 2011) إمكانات

التأثيرات الضوئية وقوتها التربوية كونها توفر استقصاءً رياضياً يعتمد على الوسائط المتعددة، وتبني تفاعلاً بين الرياضيات وتعلمها.

ولقد وفّرت التأثيرات الضوئية مجالات للطلبة ليعالجوا المفاهيم والتعميمات الجبرية بأنفسهم من تمثيل ونمذجة وتصوير وتجسيد، مما يعني أنها زوّدت الطلبة باستراتيجيات ومهارات مفيدة في حلّ المسألة الرياضية، ربما قد استطاعوا بوساطتها معالجة منهجية ومنظمة أفضل للمسألة الرياضية، أدت إلى حلها.

ونظراً للإثارة التي تتركها التأثيرات الضوئية في التعلم، فقد كرّرت الطالبات التدريبات أكثر من مرة، وفي كل مرة كن يسألن عن كيفية تفسير تلك التحريكات والانتقالات وعلاقتها بالجبر موضوع الدرس، وهذا بعد ذاته يدفع للقول أن التأثيرات الضوئية قد خاطبت قدرات غير مفعلة لدى الطالبات وكامنة لديهن، وحفزتها نحو الفهم والاستيعاب والتساؤل وتقصي ما بدا غريباً وممتعاً ومشوقاً، وهذا يصب مباشرة في حلّ المسألة الرياضية، وسبر أغوارها، وكشف المجهول فيها.

وتصل التأثيرات الضوئية المعطيات بالمطلوب من المسألة في نسق مستمر ذي معنى، وتنشأ علاقات بينهما، بحيث يتمكّن المتعلم من الانطلاق من أحدهما إلى الآخر بعكس المألوف، وهكذا يتحرك الطالب في المسألة للأمام من المعطيات إلى المطلوب، أو يعود للخلف من المطلوب إلى المعطيات، وهذا الانتقال ينسجم مع حلّ المسألة الرياضية بالرجوع إلى الخلف.

وحيث أن اعتمادها على الحاسوب والتقنية في برمجتها وتصميمها، فقد وفّرت التأثيرات الضوئية تعلماً فردياً لكل متعلمة، مكنها من تدريب نفسها بنفسها والوصول إلى مستوى أقصى من المهارة، ووفق التنوع الذي ترضيه في تدرّج يراعي مبادئ التعلم من السهل إلى الصعب ومن البسيط إلى المركب.

ويُعتقد أن التأثيرات الضوئية تخاطب النصف الأيمن من الدماغ وتُفعله، فجانِب الدماغ الأيمن مركز الأشكال والمجسمات والتمثيلات الحسية، بينما يهتم النصف الأيسر من الدماغ بالرموز والمجردات، وإذا ما عكس ذلك القول على هذه الدراسة، فإن الرموز والتعابير الجبرية قد مُثلت بأشكال ومجسمات، وهذا يعني تفعيل لجانبي الدماغ، وإشراك أكبر للوصلات العصبية والعضلية والعقلية في التعلم، مما ينتج قدراً أعظم من الفهم والمعنى، وتعميقاً للمفاهيم والتعميمات الرياضية وسنداً أقوى لحلّ المسألة الرياضية. وينسجم هذا القول مع أفكار ليش وبوست وبيهر (Lesh, Post & Behr, 1987) في أن تحقيق الفهم والتفكير في الرياضيات والتمكّن منها يأتي من خلال ربط صور المفاهيم الرياضية بعضها ببعض والتحويل بينها؛ فالتعبير عن رمز المفهوم الرياضي بصورة أو بنموذج يُعدّ تشغيلاً لجانبي الدماغ في تعلم المفاهيم الرياضية، وهذا يُسهم إيجاباً في حلّ المسألة الرياضية.

وتتفق نتيجة هذه الدراسة مع دراسات سابقة في الأثر الإيجابي الذي تتركه البرمجيات الحاسوبية على حلّ المسألة الرياضية، وتزيد من إثارتهم ودافعيتهم نحو تعلم الرياضيات

ودراستها (بدر، 2001؛ عطية، 2009؛ Bintas & Camli, 2009; Aqda, et al., 2011; Harter & Ku, 2010; Karal, et al., 2010; Lee & Hollebrands, Eid, 2005; (Thomas, 2007 2006; Papadopoulos & Dagdilelis, 2008; Seo, 2008;

#### ثانياً: النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني ومناقشتها

نصّ السؤال الثاني على ما يلي "ما أثر برنامج تعليمي مُدعم بالتأثيرات الضوئية في القدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين؟"

وللإجابة عن السؤال الثاني، صيغت الفرضية الثانية لهذه الدراسة، والتي تنصّ على ما يلي: "لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية ( $\alpha = 0.05$ ) بين متوسطي درجات طلبة المجموعة التجريبية (البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) ودرجات طلبة المجموعة الضابطة (الطريقة الاعتيادية) في مقياس القدرة المكانية".

ولفحص الفرضية الثانية، تم استخراج المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات طالبات الصف السابع الأساسي في المجموعة الضابطة (التي لم تخضع للبرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية)، والمجموعة التجريبية (التي خضعت للبرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية) على مقياس القدرة المكانية القبلي والبعدي، وكانت النتائج كما في الجدول (3).

**جدول (3):** المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والمتوسطات الحسابية المعدلة لدرجات طالبات الصف السابع الأساسي على مقياس القدرة المكانية تبعاً للبرنامج التعليمي (تجريبية، ضابطة).

المتوسط المعدل	البعدي		القبلي		العدد	المجموعة
	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي		
54.481	11.860	54.906	11.654	54.250	32	ضابطة
56.618	14.695	56.229	14.936	53.429	35	تجريبية

يبين الجدول (3) فرقاً ظاهرياً في المتوسطات الحسابية والمتوسطات المعدلة لأداء طالبات الصف السابع الأساسي على مقياس القدرة المكانية، بسبب اختلاف البرنامج التعليمي (التجريبية، الضابطة).

ولبيان دلالة الفروق الإحصائية بين المتوسطات الحسابية تم استخدام تحليل التباين الأحادي المصاحب (ANCOVA)، وكانت النتائج كما في الجدول (4).

**جدول (4):** تحليل التباين الأحادي المصاحب (ANCOVA) لأثر البرنامج التعليمي على درجات طالبات الصف السابع الأساسي في المجموعتين الضابطة والتجريبية على مقياس القدرة المكانية.

المصدر	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	الدلالة الإحصائية
القبلي (المشترك)	11596.907	1	11596.907	7002.991	0.0001
البرنامج التعليمي	76.256	1	76.256	46.048	0.0001
الخطأ	105.984	64	1.656		
<b>الكل</b>	<b>11732.119</b>	<b>66</b>			

يشير الجدول (4) إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية ( $\alpha = 0.05$ )، حيث بلغت قيمة (ف) 46.048 وبدلالة إحصائية 0.0001، وجاء الفرق لصالح المجموعة التجريبية، التي درست باستخدام البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية.

وهذه النتيجة تعني أن البرنامج التعليمي المُدعم بالتأثيرات الضوئية يؤثر في القدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين، مما يشير إلى رفض الفرضية الثانية.

ويمكن إرجاع الأثر الإيجابي للتأثيرات الضوئية على القدرة المكانية، إلى إمكانات التأثيرات الضوئية في تمثيل الأشكال والمجسمات وبنائها وتدويرها ولفها، مما يُجسد التخيل الذهني أمام عيني المتعلم من زوايا متعددة؛ مما يُثبت المكان الهندسي ويرسخه في عقول المتعلمين، ولا يخفى أن تحكم المتعلم بالشكل الهندسي أو الجسم في ظل التأثيرات الضوئية، يمنحه فرصاً غنية لاستكشاف المفهوم الهندسي وخصائصه والإحساس بها وتلمسها.

ولا تقتصر مهمة التأثيرات الضوئية على بناء المجسمات فقط، وإنما فردها وتحويلها إلى شبكات، مما يدفع المتعلم إلى فهم العلاقة بين الهندسة المستوية والهندسة غير المستوية، والانتقال بينهما بسهولة وبساطة.

وتخلق التأثيرات الضوئية فراغاً افتراضياً أمام المتعلم، يصنع فيه المجسمات والأشكال الهندسية ويتلاعب بها ويتفاعل معها، ويُصغرها ويُكبرها، ويُعدّد في أمثلتها، وينوع في هياكلها، مما يفيد في دراسته الهندسة، ويرفع من قدرته المكانية.

وإضافة لذلك، فإن التأثيرات الضوئية ساعدت المتعلمين في البرهنة والإثبات الصوري لكثير من التعميمات الجبرية، مثل قاعدة الفرق بين مربعين وغيرها، وتحوّل تعلم الجبر إلى لعبة هندسية ممتعة، يحرك المتعلم فيها المربعات والمستطيلات، ويلفها كي يُكامل الجبر بالهندسة، ويُعمق فهمه الهندسي.

ويُدعم "رافي وسامسودن وإسماعيل" قدرة البرامج الحاسوبية على التصور المكاني بقولهم "إنّ استخدام الحاسوب وبرمجيته في تعليم القدرة المكانية ودوران الأشكال والمجسمات

والعمل بها، أفنّع الطلبة بخصائص الأشكال والمجسمات؛ إذ أنّ تلك البرامج قدّمت براهين حسيّة لما بدا مجرداً بالرموز " (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006, p. 149)

وتزخر أمثلة التأثيرات الضوئية بالبراهين التي تعتمد على دوران الأشكال والمجسمات ولفها، مثل إثبات أن مجموع زوايا المثلث يساوي  $180^\circ$ ، وكذلك زوايا الشكل الرباعي، ومربع مقدار جبري والفرق بين مربعين، ومجموع مكعبين والفرق بينهما، ومن هنا فقد نمت القدرة المكانية لدى متعلم الجبر وفق التأثيرات الضوئية.

وتنسجم نتائج الدراسة الحالية مع دراسات سابقة وتتفق إلى حدّ ما معها في فاعلية البرمجيات الحاسوبية في تنمية القدرة المكانية والتفكير الهندسي لدى الطلبة ( Al-Bitar, 2005؛ Atiah, 2009؛ Basham, 2006؛ Chang, et al., 2007؛ Hauptman, 2010؛ Idris, 2009؛ Kurtulus & Uygan, 2010؛ Yuda, 2011).

### استنتاجات الدراسة

أشارت نتائج الدراسة إلى أنّ البرنامج التعليمي المدعم بالتأثيرات الضوئية يؤثر في حلّ المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى طلبة الصف السابع الأساسي في فلسطين، ويُعزى ذلك إلى أنّ التأثيرات الضوئية هي تطبيقات تفاعلية تسنّثّر أكبر عدد من حواس المتعلم في تعلّم الرياضيات، وكونها دروس محوسبة تتمتع بالحركة فهي تشجّع المتعلمين على أخذ دور أكبر في تعلّمهم وتسهّل فهمهم للمفاهيم والتعميمات الرياضية، مما يُحسّن من قدرتهم على حلّ المسألة الرياضية، ويُنمّي قدراتهم المكانية.

### التوصيات

في ضوء ما آلت إليه نتائج الدراسة، يوصي الباحثان بالاستفادة من نتائج هذه الدراسة وتوصياتها وبرنامجها التعليمي، لما أظهرته من أثر للتأثيرات الضوئية في تحسين حلّ المسألة الرياضية والقدرة المكانية لدى الطلبة، والعمل على ربط منهاج الرياضيات المدرسي ببرمجيات تعليمية مثل التأثيرات الضوئية، واعتبارها أساساً من أساسات المنهاج، ومكوناً حيويّاً من مكوناته، وضرورة تدريب معلّمي الرياضيات على استخدام التأثيرات الضوئية سواء المبرمجة أو المعلنة في المواقع الإلكترونية، لما توفره من دعم حقيقي لمنهاج الرياضيات المدرسي أو ما تبنّيه من فهم لدى المتعلم، وإجراء دراسات تتحرّى أثر برمجيات تعليمية محوسبة مثل جيو جبرا GeoGebra على حلّ المسألة الرياضية والقدرة المكانية، وإجراء دراسات تستقصي فاعلية التأثيرات الضوئية على متغيرات أخرى تتعلق بالطالب أو بالمعلم.

**References (Arabic & English)**

- Abed, A. (1996). *Spatial ability among students of elementary stage and variables related to it in mathematics*. Journal of Faculty of Education-University of Emirat. 12, 1-35.
- Abed-Haq, M. (2007). *Instructional computer-concepts and applications*. Amman, Jordan: Dar Tasneem.
- Abu Zeina, F. (2010). *Developing school math curriculum and it's learning*. Amman, Jordan: Dar Wa'el for Publishing.
- Al-Bitar, H. (2005). *The effectiveness of self learning program by using computer in teaching constructions in developing the achievement, motivation and spatial ability among students of industrial secondary stage*. Ph.D Dissertation. Assuit University, Egypt: Assuit.
- Al-Khreesat, S. & Eqtaït, G. (2009). *Computer, teaching methods and evaluation*. Amman, Jordan: Dar El-thqafah.
- Aqda, M. Hamidi, F. & Rahimi, M. (2011). *The comparative effect of computer-aided instruction and traditional teaching on student's creativity in math classes*. Procedia Computer Science, 3, 266-270.
- Atiah, I. (2009). *The effect of using multimedia in teaching geometry on developing skills of solving geometrical problems and spatial ability among students of intermediate stage*. Journal of Faculty of Education in Zqazeq. 35, 257-291.
- Bader, Bothianah. (2001). *The effect of using computer on training on mathematical problems solving in developing students ability at mathematics department in faculty of education in Mecca to solve theses problems and forming positive attitudes towards mathematics*. Ph.D Dissertation. Umm Al-Qura University. Saudi Arabia: Mecca.

- Basham, K. (2006). *The effects of 3-dimensional CADD modeling software on the development of spatial ability of ninth grade Technology Discovery students*. Ph.D Dissertation. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.
- Bintas, J. & Çamli, H. (2009). *The effect of computer aided instruction on students' success in solving LCM and GCF problems*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 1, 277–280.
- Bos, B. (2009). *Virtual math objects with pedagogical, mathematical, and cognitive fidelity*. Computers in Human Behavior, 25, 521–528.
- Boston, M. & Smith, M. (2009). *Transforming secondary mathematics teaching: Increasing the cognitive demands of instructional tasks used in teachers' classrooms*. Journal for Research in Mathematics Education, 40, 119–156.
- Cheng, K. Sung, Y. & Lin, S. (2007). *Developing geometry thinking through multimedia learning activities*. Computers in Human Behavior, 23(5) 2212-2229.
- Clements, D. & Sarma, J. (2004). *Engaging young children in mathematics: Standards for early childhood mathematics education*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Crocker, L. & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. New York: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers
- Demirbilek, M. & Tamer, S. (2010). *Math teachers' perspectives on using educational computer games in math education*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 9, 709-716.

- Eid, G. (2005). *An investigation into the effect factors influencing computers-based online math problem solving in primary schools*. Journal of Educational Technology Systems, 33(3), 223-240.
- Erbas, A. & Yenmez, A. (2011). *The effect of inquiry-based explorations in a dynamic geometry environment on sixth grade students' achievements in polygons*. Computers & Education, 57(4), 2462-2475.
- Glenn, M. & D'Agostino, D. (2008). *The future of higher education: How technology will shape learning*. New Media Consortium. New York.
- Haiyan, B. Atsusi, H. & Mansureh, K. (2010). *The Effects of Modern Mathematics Computer Games on Mathematics Achievement and Class Motivation*. Computers & Education, 55(2), 427-443.
- Harter, C. & Ku, H. (2010). *The effects of spatial contiguity within computer-based instruction of group personalized two-step mathematics word problem*. Computers in Human Behavior, 24(4), 1668-1685.
- Hauptman, H. (2010). *Enhancement of spatial thinking with Virtual Spaces 1.0*, Computers & Education, 54, 123-135.
- Idris, N. (2009). *The Impact of Using Geometers' Sketchpad on Malaysian Students' Achievement and Van Hiele Geometric Thinking*. Journal of Mathematics Education, 2(2), 94-107.
- Karal, H. Çebi, A. & Peksen, M. (2010). *The web based simulation proposal to 8th grade primary school students' difficulties in problem solving*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2, 4540-4545.

- Kartiko, I. Kavakli, M. & Cheng, K. (2010). *Learning science in a virtual reality application: The impacts of animated-virtual actors' visual complexity*. Computers & Education, 55(2), 881-891.
- Keller, B. Hart, E. & Martin. W. (2011). *Illuminating NCTM's Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Kondor, R. (2007). *Spatial ability of engineering students*. Annals Mathematical et Informatics, 34, 113-122.
- Kosa, T. & Karakos, F. (2010). *Using dynamic geometry software Cabri 3D for teaching analytic geometry*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2(2), 1385-1389.
- Krulik, S. (2004). *Teaching problem solving to preservice teachers*. Arithmetic Teacher, 39(8), 62-77.
- Kurtulus, A. & Uygan, C. (2010). *The effects of Google Sketchup based geometry activities and projects on spatial visualization ability of student mathematics teachers*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 9, 384-389.
- Lee, H. & Hollebrands, K. (2009). *Students' use of technological features while solving a mathematics problem*. Journal of Mathematical Behavior, 25, 252-266.
- Lesh, R. Post, T. & Behr, M. (1987). *Representations and Translations among Representations in Mathematics Learning and Problem Solving*. In C. Janvier, (Ed.), Problems of Representations in the Teaching and Learning of Mathematics (pp. 33-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Manouchehri, A. (2004). *Using interactive algebra software to support a discourse community*. The Journal of Mathematical Behavior, 23(1), 37-62.

- McCulloch, A. (2011). *Affect and graphing calculator use*. The Journal of Mathematical Behavior, 30(2), 166-179.
- McNulty, K. (2007). *Gender Differences in Spatial Abilities*. Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology. USA
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (2008). *The Role of Technology in the Teaching and Learning of Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Obara, S. (2010). *Constructing Spatial Understanding*. Mathematics Teaching in the Middle School, 15(8), 472-478.
- Papadopoulos, I. & Dagdilelis, V. (2008). *Students' use of technological tools for verification purposes in geometry problem solving*. Journal of Mathematical Behavior, 27, 311-325.
- Rafi, A. Samsudin, K. A. & Ismail, A. (2006). *On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction*. Educational Technology & Society, 9 (3), 149-159
- Reisa, Z. (2010). *Computer supported mathematics with Geogebra*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 9, 1449-1455.
- Saha, R. Ayob, A. & Tarmizi, R. (2010). *The Effects of GeoGebra on Mathematics Achievement: Enlightening Coordinate Geometry Learning*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 8, 686-693.
- Seo, J. (2008). *Effects of multimedia software on word problem-solving performance for students with mathematics difficulties*. Ph.D Dissertation, University of Texas at Austin, 3324680.

- Shirvani, H. (2010). *The Effects of Using Computer Technology with Lower-Performing Students: Technology and Student Mathematics Achievement*. The International Journal of Learning, 17(1), 143-154.
- Thomas, L. (2007). *The effect of presenting worked examples for problem solving in a computer game*. Ph.D Dissertation. The University of Southern California. USA.
- Travers, K. (2010). *Mathematics Education and the Computer Revolution*. School Science and Mathematics. 71(1), 24-34.
- Yuda, M. (2011). *Effectiveness of Digital Educational Materials for Developing Spatial Thinking of Elementary School Students*. Procedia Social and Behavioral Sciences, 21, 106–109.