European Journal of Interdisciplinary Research and Development
Volume- 26 April - 2024
Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746

DESIGN REQUIREMENTS FOR THE FIREFIGHTING WATER AMOUNT NEEDED IN INDUSTRIAL BUILDINGS AND THEIR RELATIONSHIP TO GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A REVIEW PAPER

Abdulbasit Atiah Hasan
Qais Fadhil Hasan
Northern Technical University/ Kirkuk Engineering Technical College
dr.qaishasan@ntu.edu.iq

Abstract

Industrial fires are the most costly compared to other fires. Water is the most common fire extinguishing agent because it has a set of physical and chemical properties that make it a very effective means of extinguishing, as it is applied either manually or automatically. The theoretical amounts of water needed for actual extinguishing are very low when calculated and provided in an effective manner. Therefore, it was necessary to propose several numerical models to estimate the amount of water that must be available in these buildings to extinguish fires if they occur or until support arrives from fire departments to complete the extinguishing process with the least possible loss of life and property that occurs in burning industrial buildings and nearby buildings that are exposed to fire. This research seeks to determine the relationship between firefighting water requirements and building design by reviewing current methods found in the literature for calculating firefighting water requirements and flow rates and discussing the extent to which they can be applied in the context of fire service procedures in industrial buildings. These flow rates can then be compared to the total capacity available at these buildings to determine if the available resources are sufficient. Some of these methods are designed to be interactive, so that the user can immediately see the effects of different parameters on the desired water flow rate. The ISO method and the Fire Risk Management Program method of the National Research Center of Canada are the most detailed and effective methods in taking into account many different factors, specifically related to the structure of the building and its relationship to neighboring buildings. Given that many fire service tasks depend on location, the importance of utilizing Geographic Information Systems to support fire service institutions has emerged, and by storing spatial data and making effective use of it, dynamic fire maps can produced and utilized in analyzing industrial building fires and predicting the effective ways to suppress them.

Keywords: Water Flow, Firefighting, Industrial Constructions, Geographic Information Systems..

Introduction

European Journal of Interdisciplinary Research and Development
Volume- 26 April - 2024
Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746

متطلبات تصميم كمية المياه اللازمة لإخماد الحرائق في المنشآت الصناعية وعلاقتها بنظم المعلومات الجغرافية: مقال مراجعة

عبدالباسط عطية حسن قيس فاضل حسن
الجامعة التقنية الشمالية/ الكلية التقنية الهندسية كركوك
dr.qaishasan@ntu.edu.iq

1. الخلاصة

تمثل حرائق المنشآت الصناعية الأكثر تكلفة بالمقارنة مع الحرائق الأخرى. ويعد الماء هو أكثر عوامل إطفاء الحرائق شيوعاً لأنه يمتلك مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تجعله وسيلة إطفاء فعالة للغاية حيث يتم تسليطه إما بطريقة يدوية أو بشكل أوتوماتيكي. وتكون كميات المياه النظرية اللازمة للإطفاء الفعلي منخفضة جداً عندما يتم حسابها وتوفيرها بطريقة فعالة. لذا كان لزاماً إقتراح عدة نماذج حسابية لتقدير كمية المياه الواجب توفرها في هذه المنشآت لإخماد الحرائق حال حدوثها أو لحين وصول الدعم من إدارات وإقسام الإطفاء لإكمال عملية الإطفاء وبأقل خسارة ممكنة في الأرواح والممتلكات التي تحدث في الأبنية الصناعية المحترقة والأبنية القريبة منها المعرضة للحريق. يسعى هذا البحث إلى تحديد العلاقة بين متطلبات مياه مكافحة الحرائق وتصميم المباني وذلك عن طريق إستعراض الطرق الحالية الموجودة في الأدبيات لحساب متطلبات ومعدلات تدفق مياه مكافحة الحرائق ومناقشة مدى إمكانية تطبيقها في سياق إجراءات خدمة الإطفاء في المنشآت الصناعية. يمكن بعد ذلك مقارنة معدلات التدفق هذه بالسعة الإجمالية المتاحة في هذه المنشآت لتحديد ما إذا كانت الموارد المتوفرة كافية. بعض هذه الطرق والبرامج تم تصميمها ليكون تفاعلياً، بحيث يمكن للمستخدم أن يرى على الفور تأثيرات المعلمات المختلفة على معدل تدفق المياه المطلوب. وتعد طريقة مكتب خدمات التأمين ISO وطريقة برنامج إدارة مخاطر الحرائق للمركز القومي للبحوث في كندا هي الطرق الأكثر تفصيلاً وفعالية في أعتبارها للعوامل العديدة والمختلفة، وبالتحديد ما يتعلق بهيكلية المبنى المعرض للحريق وعلاقته بالمباني المجاورة. ونظراً لأن الكثير من مهام خدمة الإطفاء تعتمد على الموقع، فقد برزت أهمية الإستفادة من نظم المعلومات الجغرافية لدعم مؤسسات خدمة الإطفاء، حيث يمكن لأنظمة المعلومات الجغرافية، من خلال تخزين البيانات المكانية والإستفادة منها بشكل فعال، إنتاج خرائط حريق ديناميكية للإستفادة منها في تحليل حرائق النشآت الصناعية والتنبؤ بآثارها والطرق الفعالة لإخمادها.

الكلمات المفتاحية: تدفق الماء، إخماد الحرائق، المنشآت الصناعية، نظم المعلومات الجغرافية.

2. المقدمة

الماء هو أكثر عوامل إطفاء الحرائق إنتشاراً منذ القدم، وهذا لأنه يمتلك مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تجعله وسيلة إطفاء فعالة للغاية. وعند إتباع الطرق العلمية المعتمدة والموصى بها لحساب كمية مياه الإطفاء الواجب توفرها، فهذا يودي الى توفير في هذه الكميات ويقود الى طرق فعالة جداً في تسليطها على الحرائق. يؤدي تقليل حجم قطرات الماء إلى تحسين نسبة السطح إلى الوزن وبالتالي يسمح بقدر أكبر من امتصاص الماء للطاقة الناتجة خلال عملية الاحتراق. وتشير الدراسات السابقة الى أن قطرات الماء اللازمة لإطفاء الحرائق بقطر أقل من 0.03 ملم تعتبر مثالية [1]. يعد تدفق المياه الكافي أمراً بالغ الأهمية للسيطرة ولإطفاء الحريق بشكل فعال، كما أن الماء هو عامل إطفاء الحرائق الأساسي الذي تستخدمه إدارات

وأقسام الإطفاء في جميع أنحاء العالم [2, 3, 4]. يتم توفير المياه في معظم المجتمعات عن طريق نظام توزيع المياه العام. وباستخدام صهاريج التخزين والأنابيب والمضخات والصنابير اليدوية أو الأوتوماتيكية، فيمكن توفير المياه عند مواقع إحتمالات حدوث النار أو بالقرب منها.

يمكن استخدام عدة طرق متعارف عليها لتحديد تدفق المياه المطلوب للمبنى الصناعي [5]، حيث يعد تحديد تدفق المياه الصحيح أمر إقتصادي وحيوي. إذا تم حساب تدفق المياه بشكل زائد، فقد يكون هناك تأثير سلبي على نظام توزيع المياه الرئيسي في المنطقة، وإذا كان تدفق المياه أقل من المحسوب، فقد يؤدي الحريق إلى خسارة المبنى أو الأرواح. وللزيادة في حسابات تدفق الماء المطلوب لمكافحة الحرائق العديد من التأثيرات السلبية [6-9]. الأول يتعلق بتوفير المياه، حيث قد تؤدي الزيادة في أحجام الأنابيب إلى انخفاض سرعات المياه في جميع أنحاء النظام. وقد يؤدي هذا إلى إستغراق وقت أطول لنقل المياه عبر نظام التوزيع، وهذا يخلق مشاكل محتملة في نوعية المياه. وأيضا قد تبقى المياه وتصبح راكدة داخل نظام التوزيع مما يقلل من جودة هذه المياه. هناك مشكلة أخرى تنتج عن الزيادة في حجم نظام توزيع المياه وهي الزيادة الإجمالية في التكلفة، وهذا بسبب أن الأنابيب والتجهيزات الأكبر حجماً وقياساً ترفع تكاليف بناء المنشآت الصناعية حيث تضيف الصنابير والأنابيب الإضافية اللازمة لتوفير تدفقات المياه تكاليف إضافية للنظام. كما أن الزيادة في حجم المياه تؤدي إلى ارتفاع التكاليف من ناحية الحصول عليها وسعة تخزينها. هذا إضافة الى تكلفة معالجة جميع المياه الموجودة في النظام لجعلها صالحة للشرب [6]. لذا تعد الحسابات الدقيقة والصحيحة لكمية تدفق مياه إطفاء الحريق أمراً مهماً لتحديد الإحتياجات الحقيقية عند حدوث الحريق في المنشآت الصناعية الكبيرة.

ويمكن أن تؤثر العوامل المتعلقة بالمبنى الصناعي على نمو الحريق وانتشاره، حيث تشمل أغلب هذه العوامل نوع البناء وحجم المبنى واستخدامه ومحتوياته وأنظمة الحماية من الحرائق المثبتة فيه[2, 4, 10]. كما يمكن أن تؤثر العوامل الخارجية أيضًا على الحريق، والتي تشكل قرب الأبنية الأخرى من مبنى الحريق وطريقة إتصالها به ومواقع أقسام الإطفاء نسبة الى المبنى المحترق ومدى إستجابتها وكافئتها. وتُعرف هذه الأبنية القريبة بالأبنية المعرضة للحريق جراء المبنى المحترق او (التعرضات).

يعتمد التصميم التقليدي للسلامة من الحرائق، والذي لا يزال يُمارس في العديد من البلدان [11]، على قواعد "إرشادية" لتحديد كيفية تخمين كمية المياه اللازم توفيرها لإطفاء الحرائق المحتملة عند البناء بدون إعطاء خصوصية للمنشآت الصناعية، مع عدم وجود بيان بالأهداف والمتغيرات بشكل تفصيلي، مع فرص قليلة أو معدومة لتقديم المزيد من العقلانية لعمل تصاميم بديلة تحتوي معظم المواصفات الحديثة القائمة على الأداء لحساب كمية المياه هذه. وتسمح بتحقيق تلك الأهداف إما عن طريق الامتثال "للحل المقبول" التوجيهي أو عن طريق هندسة تصميم الحرائق والذي يعتمد على كود البناء للدولة الرائدة في مجال مكافحة الحرائق وهي نيوزيلندا، بالرغم من أن هذا الكود القائم على الأداء هو منذ عام 1992. تم بحث العوامل التي تؤثر على جداول المحددات والمواصفات الخاصة بالحلول المقبولة لقانون البناء النيوزيلندي الحالي [12]. ومن خلال مراجعة الأدبيات واسعة النطاق للأوراق البحثية النظرية والتجريبية، تم اقتراح مراجعات لبعض العوامل مثل إسقاط لهب الإشعاع المنبعث والحد من المسافة لتدفق الاشتعال الموجه. باستخدام هذه العوامل المنقحة، تم عرض جداول للمحددات وللمواصفات الجديدة المقترحة ومقارنتها بالجداول الموجودة.

3. تصنيف الحرائق وأنواعها

تحدد المواصفات البريطانية/ الأوربية للعام 1997 [13] أنواع الحرائق بشكل عام بأربعة أنواع رئيسية إعتماداً على نوعية وطبيعة المواد المحترقة وكما سيتم ذكره لاحقا، وأن أكثر أنواع الحرائق شدة هي حرائق الفئة (أ) والتي تعرف بانها (الحرائق التي تشتمل على مواد صلبة ذات طبيعة عضوية عادةً، ويتم فيها الاحتراق وتكوين الجمر المتوهج)، وهذا ما تتميز به المنشآت الصناعية قيد الدراسة. وفيما يلي التصنيف المعتمد لتقسيم أنواع الحرائق الذي اتفقت عليه الدول الأوروبية وهو أربعة أنواع:

1- حرائق الفئة (أ): ويحدث في المواد الصلبة التي غالبًا ما تكون ذات طبيعة عضوية (مركبات الكربون) مثل منتجات الورق والخشب والأقمشة والألياف النباتية الأخرى. وعادة ما تحترق على شكل جمر متوهج. وتتميز بأن معظم هذه المواد مسامية ويسهل عليها امتصاص الماء مما يؤثر أيجابياً على تبريدها من الداخل. ولذلك فإن الماء هو الوسيلة الأنسب لإطفاء هذا النوع من الحرائق [13].

2- حرائق الفئة (ب): هي الحرائق التي تحدث بالسوائل القابلة للاشتعال أو المواد المنصهرة. ومن أجل تحديد المواد الأنسب لإطفاء هذه الحرائق يمكن تقسيم السوائل القابلة للاشتعال إلى نوعين:

– السوائل القابلة للذوبان (أو الامتزاج) في الماء.

– السوائل غير القابلة للذوبان في الماء.

وعلى ضوء ذلك يمكن تحديد نوع وسيلة الإطفاء المناسبة، والتي تشمل هنا رشاشات الماء أو الرغاوي أو أبخرة الهالوجين أو ثاني أوكسيد الكربون أو المساحيق الكيميائية الجافة.

3- حرائق الفئة (ج): وهي حرائق الغازات القابلة للاشتعال، بما في ذلك الغازات البترولية المسالة مثل الكبريت والبترول والبيوتان. تستخدم الرغوة والمساحيق الكيماوية الجافة في مواجهة حرائق الغاز في حالة توفر السيولة عند تسربها إلى الأرض. كما تستخدم رشاشات الماء لغرض تبريد إسطوانات الغاز.

4- حرائق الفئة (د): هذه الحرائق تحدث مع المعادن. ولا يستخدم الماء لأنه غير فعال وإستخدامه محفوف بالمخاطر [13]. وهذا هو الحال أيضاً عند استخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون أو المساحيق الكيميائية الجافة على البيكربونات. وعادةً ما يتم استخدام مسحوق الجرافيت أو بودرة التلك أو الرمل الجاف أو أنواع أخرى من المساحيق الكيميائية الجافة لإطفاء الحرائق من هذه الفئة.

4. إستخدامات الماء في إطفاء الحرائق

تقر المواصفات القياسية الأوربية [13] بأن عامل الإطفاء الأكثر شيوعاً وفعالية هو الماء سواءً كان على شكل حزمة أو رذاذ. وتعتبر هذه المواصفات أن الماء عامل إطفاء فعال للغاية لعدة أسباب، كونها غير سامة، وفيرة، ورخيصة مقارنة بالسوائل الأخرى. وبسبب مادته الكيميائية الفريدة في تركيبها، يمتلك الماء خاصية إمتصاص حراري عالية نسبياً تصل إلى 3.6 ميغاواط/ لتر/ ثانية في درجات الحرارة العالية (بحدود 600 درجة سيليزية)، وهذا ما يجعله مادة مناسبة لتبريد المواد القابلة للإشتعال أثناء حدوث الحرائق. إضافة الى إستخدامه في إطفاء الحرائق، يستخدم الماء أيضًا في جوانب أخرى من عمليات مكافحة الحرائق مثل حماية المقتربات والمباني المجاورة (التعرضات) من الحرائق وحماية أفراد فرق الإطفاء وتخميد وتبريد المواد القابلة للإحتراق في النار المشتعلة. وقد أظهرت الدراسات السابقة أن قطرات الماء الصغيرة هي الأفضل في تخفيف الإشعاع المصاحب للهب [14]. ومن هنا تم تخمين كميات المياه اللازمة لحماية المباني المجاورة أثناء الحريق وذلك في عام 1984 [15] والتي تتراوح بين 1-10 لتر/ متر مربع/ دقيقة وذلك إعتمادا على مستويات الإشعاع الحراري المصطدم على السطح

المواجه في المباني المجاورة المعرضة للإحتراق. وقد أقترحت هذه الدراسة بأنه يمكن استخدام هذه الأرقام التقريبية لحساب كمية المياه التخمينية الإضافية اللازمة لحماية المباني المجاورة المعرضة للإحتراق جراء المبنى المحترق.

تمت مراجعة الأبحاث المتعلقة بإطفاء حرائق الوقود الصلب والسائل بواسطة الماء العادي [14]. تم توضيح خصائص بخاخات الماء والحرائق نفسها التي تؤثر على أداء الرشاشات كعوامل إطفاء. تم تلخيص نتائج تحقيقات الأساسية السابقة التي أسفرت عن بيانات تساعد في قياس عمليات الأطفاء والتحقيقات التجريبية المصممة لتوفير معلومات تنطبق مباشرة على المشكلات العملية بشكل موجز. تم توضيح الأساليب الكمية البسيطة لشكلين من أشكال الإخماد التي توجد بشأنهما بيانات أساسية، وهي إطفاء النيران عن طريق الرش وعن طريق تبريد الوقود. وأشار نهج الإطفاء عن طريق التبريد أيضًا إلى تحديد الظروف التي يمكن أن يتشكل فيها اللهب المستقر على كامل سطح الوقود في حالة عدم وجود رذاذ.

تعتبر الرشاشات الأوتوماتيكية عناصر فعالة للغاية في التصميمات الشاملة لنظام الحماية من الحرائق في البنايات. فهي تنقذ الأرواح والممتلكات، وتنتج تخفيضات كبيرة في عدد الوفيات وفي الأضرار المباشرة في الممتلكات لكل حريق، وخاصة عند احتمالية نشوب حريق مع خسائر كبيرة في الأرواح أو خسائر كبيرة في الممتلكات. عند وجود الرشاشات في منطقة الحريق فإنها تعمل بنسبة 93% في حرائق المباني التي تحتوي نظام الرشاشات الفعال [16]، باستثناء المباني التي ما زالت تحت الإنشاء. وعندما تعمل، فانها تكون فعالة بنسبة 97%، مما يؤدي إلى أداء بفعالية 91% في الحرائق المبلغ عنها والتي كانت فيها الرشاشات موجودة أثناء الحريق وكانت النار كبيرة بما يكفي لتفعيل هذه الرشاشات.

يعد توفير إمدادات مياه كافية وموثوقة أمرًا بالغ الأهمية لقدرات مكافحة الحرائق سواءً بإستخدام أنظمة إطفاء الحرائق أو عن طريق مكافحة الحرائق يدوياً. تتناول هذه الدراسة [17] مدى كفاية التدفق المائي والضغط، والموثوقية، واحتمال وجود إمدادات المياه عند الحاجة، لإطفاء الحرائق. تم مناقشة وتحديد إجراءات اختبار التدفق ثم مناقشة النتائج التي تم الحصول عليها أثناء اختبار التدفق لتحديد الطرق لمعرفة تأثير المتغيرات المختلفة على النظام أو على معدلات تدفق المياه. وقد أوصت الدراسة أنه في بعض الأحيان يكون من الضروري تحليل حالة الأنابيب تحت الأرض من خلال إجراء تحليل التدرج باستخدام صيغة ويليامز وحلها إما للقطر الداخلي بافتراض وجود عامل للأنبوب أو حل هذا العامل بافتراض قطر معين للأنبوب.

تم إجراء دراسة تجريبية في حالة حدوث حريق كامل في خزان كبير لتخزين الوقود والزيت يتراوح قطره من 34 إلى 100 قدم وعلى ارتفاع من 10 إلى 20 قدم [18]. تم تنفيذ نظام مكافحة الحريق عن طريق إستخدام مجموعة من أجهزة المراقبة ذات السعة الكبيرة. وتم تقدير مسار تفريغ الماء على النار لتجنب تيارات حرارية صاعدة من سطح الزيت المحترق، وتم أيضا إستخدام وسائل نقل الماء حول المنطقة الطرفية من الخزان. تم تفريغ مياه الإطفاء على نطاق واسع مع تدفق يتراوح من 10 إلى 40 كيلو لتر/ دقيقة، وضغط من 0.6 إلى 0.9 ميجابيكسل. تمت محاكاة عملية الإطفاء باستخدام نموذج محاكاة ثلاثي الأبعاد يعتمد على طريقة الجسيمات المتحركة شبه الضمنية (MPS)، وتم التأكد من أن سلوك الإطفاء ومسار تصريف المياه يرتبطان بمقدار تدفق الماء والضغط. إن تفريغ الماء الذي تم وصفه باستخدام نموذج المحاكاة ثلاثي الأبعاد هذا كان جيدًا ويتفق مع المنحنيات الموصى بها من قبل لجنة إدارة الكوارث. وقد إقترحت الدراسة أن هذا النموذج يمكنه تقدير كمية الكتلة المائية المطلوبة للإطفاء والتي تكون مرتبطة بقياسات الخزان، ويمكن أن يكون أداة دعم مفيدة لمكافحة حرائق الخزانات.

في عصرنا هذا، أصبح لتصميم أنظمة إطفاء الحرائق وشبكة الأنابيب المرافقة لها أهمية واضحة [19]. مع زيادة التحضر، وإنشاء البنى التحتية المعقدة مثل المستودعات المتقدمة، والمصانع، ومراكز توزيع الطاقة، ومصافي النفط، والمباني السكنية والتجارية متعددة الطوابق، وما إلى ذلك. وقد أصبح وجود نظام إطفاء جيد أمراً ضرورياً لتوفير كمية كافية من المياه النظيفة لمكافحة تهديدات الحرائق وخاصة في المنشآت الصناعية. في وقت سابق، تم تصميم أنظمة الإطفاء والأنابيب باستخدام العديد

من الحسابات اليدوية والطرق التخمينية المعقدة، وهذا جعل تصميم هذه الأنظمة عملية شاقة وتستغرق وقتًا طويلاً وعرضةً لكمية كبيرة من الأخطاء. وحديثاً، يتم تصميم الأنابيب باستخدام برامج مثل ANSYS، CFD، AUTOCAD، وما إلى ذلك لإجراء الحسابات وتصميم ورسم التخطيط المطلوب. وهذا لا يقلل من أوقات الحساب فحسب، بل يسمح أيضاً بالحصول على محاكاة افتراضية للتصميم المختار، مما يعطي فكرة أفضل حول مدى فعالية تصميم الأنابيب المختار قبل تنفيذه، ومما يسمح بضبط التصميم بشكل دقيق وذلك للحصول على مخرجات أفضل وتقليل الأخطاء أيضاً. في هذا البحث، تم تسليط الضوء على متطلبات نظام الأنابيب الجيد، وتوضيح الخطوات المختلفة التي ينطوي عليها تصميم هذه الأنظمة، واختيار النوع المناسب من تخطيط الأنابيب للظروف المطلوبة مثل الضغط المتاح، وطلب الاستهلاك، ومعدل التدفق، وما إلى ذلك، وإجراء حسابات مختلفة على أساس العوامل المذكورة أعلاه.

إن "معيار تركيب أنظمة الرش"، NFPA 13 [20] هي وثيقة نشرتها الجمعية الوطنية للحماية من الحرائق(NFPA) ، وهي منظمة كندية معترف بها على نطاق واسع تعمل على تطوير ونشر القواعد والمعايير المتعلقة بالسلامة والوقاية من الحرائق. يتناول NFPA 13 على وجه التحديد المواصفات والمحددات لتركيب أنظمة رشاشات الحريق الأوتوماتيكية، ويوفر إرشادات ومتطلبات لضمان التصميم والتركيب والصيانة المناسبة لهذه الأنظمة. يغطي المعيار جوانب مختلفة من أنظمة الرش، بما في ذلك أنواع الرشاشات ووضعها وإمدادات المياه ومكونات النظام وإجراءات الاختبار. الهدف الأساسي من NFPA 13 هو تعزيز الحماية من الحرائق من خلال تحديد الحد الأدنى من المتطلبات لتصميم وتركيب أنظمة الرش، وبالتالي تقليل مخاطر الأضرار والإصابات المرتبطة بالحريق. غالبًا ما يكون الامتثال لتعليمات NFPA 13 مطلوباً من قبل السلطات التنظيمية وقوانين البناء في مختلف البلدان لضمان اتباع نهج ثابت وفعال للسلامة من الحرائق من خلال أنظمة الرش الأوتوماتيكية في مختلف الإشغالات والمباني.

5. نمذجة الأطفاء بالماء في نظريات إخماد الحرائق

يعرف معدل أو نسبة إطلاق الحرارة HRR (Heat Release Rate) بانه أهم عامل يجب حسابه لتوضيح مقدار قابلية الإشتعال (Flammability) للمواد المختلفة وتاتي بعدها في الأهمية قابلية المواد على سرعة الإيقاد (Rapidity of Ignition) والفعالية السامة (Toxic Potency) للغازات [21].

تم إجراء مراجعة شاملة في الأدبيات لنظم تصميم سيناريو الحرائق المختلفة الأكثر شيوعاً وتحديد متطلبات البحث المستقبلية. تم إنشاء خوارزمية لمحاكاة الحرائق وتصميمها والإعداد التجريبي لتقييم أداء المنازل الكندية في حالة الحريق [22]. خلص البحث الى أن الأساليب المستخدمة في تصميم وتوصيف حرائق ما بعد الوميض تعتمد على المعادلات البارامترية، التي تحاول ربط البيانات التجريبية من مصادر مختلفة. كما أن حساب معدل إطلاق الحرارة بطريقة الإنتشار السريع مع مربع الزمن (t^2) T-squared هي طريقة التصميم الأكثر استخداماً على نطاق واسع لمرحلة ما قبل الفلاش.

غالباً ما يتم تقييم السلامة من الحرائق للتصميم القائم على الأداء باستخدام التحليل الحتمي، حيث يتم وصف وتحليل عدد من سيناريوهات الحريق المحتملة، وسيناريوهات الحريق التصميمية. ويجب بعد ذلك إجراء وصف كمي لخصائص الحريق المفترضة لكل سيناريو حريق. ويشار إلى خصائص النار المفترضة هذه باسم حريق التصميم، أي أن هناك حريق تصميمي واحد مرتبط بكل سيناريو حريق. غالبًا ما يتم وصف حريق التصميم من حيث معدل إطلاق الحرارة، وحمل الحريق، والأنواع السامة من الغازات، ومعدل إنتاج الدخان. قدمت هذه الدراسة [23] إرشادات شاملة لاختيار حرائق التصميم. وبينت الدراسة

طريقة العمل خطوة بخطوة لإختيار نيران التصميم وشرحت العوامل التي تؤثر على نيران التصميم. تضمنت الدراسة أيضاً طرق الحساب ذات الصلة والمراجع التي يمكن العثور فيها على المزيد من البيانات بهذا الخصوص.

تم دراسة العوامل المتعلقة بموضوع إنتقال الحرارة وديناميكية الحريق في المناطق أو الحجيرات المغلقة [24]. تم دراسة وتلخيص ومناقشة نظرية الحرارة ونقل وحفظ الطاقة وديناميكيات وسيناريوهات الحرائق القياسية المحتملة. تمت دراسة نماذج تجريبية للحرائق ذات المنطقة الواحدة والمنطقتين. تم تقديم طريقة جديدة لحساب درجات حرارة الحريق لحرائق الحجرة المغلقة لما قبل وما بعد الوميض (الوميض: هو أقل درجة حرارة تسبب إحتراق المادة). تم عرض ثلاثة مستويات من تقنيات الحلول والمتعلقة بالخوارزميات التحليلية ذات الحريق المغلق وحسابات جداول البيانات والحلول التي تتضمن حسابات عامة لدرجة الحرارة وذلك بإستخدام طريقة العناصر المحددة. أظهرت عمليات التحقق من صحة التجارب دقة جيدة لنماذج الحساب، وأن الخواص الحرارية للأبينة المحيطة لها تأثير كبير على تطور درجة حرارة الحريق. بالإضافة إلى ذلك، تمت دراسة أهمية إختيار تقنيات القياس الحديثة في هندسة الحرائق. وقد أوصت هذه الدراسة بإستخدام تقنيات حساب حرائق حديثة أخرى في دراسات تجريبية مستقبلية والأخذ بنظر الإعتبار سيناريوهات الحريق المختلفة.

6. إستخدامات نظم المعلومات الجغرافية في إخماد الحرائق

إن نظم المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information System) هي تقنية تدمج الميزات الجغرافية مع البيانات الجدولية لتقييم وفهم أفضل لمشاكل العالم الحقيقي. إن نظم المعلومات الجغرافية بدأت حوالي عام 1960 مع إكتشاف إمكانية برمجة الخرائط باستخدام كود بسيط وتخزينها في الكمبيوتر، والسماح للتعديل في المستقبل عند الضرورة [25]. وكان هذا تغييراً هائلاً من عصر رسم الخرائط يدوياً، والتي كانت تتطلب التغييرات إنشاء خريطة جديدة، الى رسم الخرائط رقمياً. كان الإصدار الأقدم من نظام المعلومات الجغرافية معروفاً باسم رسم الخرائط بالكمبيوتر ويتضمن عملاً خطياً بسيطاً لتمثيل ميزات الأرض. على عكس الخريطة الورقية المسطحة، يمكن للخريطة التي يتم إنشاؤها بواسطة نظم المعلومات الجغرافية تقديم طبقات عديدة من المعلومات المختلفة التي توفر طريقة فريدة للتفكير في الفضاء الجغرافي. من خلال ربط الخرائط بقواعد البيانات، مكنت نظم المعلومات الجغرافية المستخدمين من تصور البيانات المكانية ومعالجتها وتحليلها وعرضها. ولأكثر من عقدين من الزمان، ساعدت نظم المعلومات الجغرافية أقسام الإطفاء على تقليل المخاطر وزيادة الكفاءة وتحسين النتائج. والآن، أكثر من أي وقت مضى، يكتشف المصممون والتنفيذيون لخدمات الإطفاء ومتخصصو تكنولوجيا المعلومات طرقاً جديدة ومبتكرة لتطبيق هذه التكنولوجيا التي أثبتت جدواها لحل متطلبات خدمات الإطفاء المتزايدة باستمرار [26]. يعد نظم المعلومات الجغرافية نظاماً قوياً لإدارة المعلومات حيث يتمتع بقدرة فريدة على جمع المعلومات وتحليلها وتصورها بناءً على خصائص الموقع. ونظراً لأن الكثير من مهام خدمة الإطفاء تعتمد على الموقع، فقد برزت نظم المعلومات الجغرافية كعنصر مهم في منصات المعلومات المصممة لدعم مؤسسات خدمة الإطفاء.

يمكن لأنظمة المعلومات الجغرافية، من خلال تخزين البيانات المكانية والإستفادة منها بشكل فعال، إنتاج خرائط حريق ديناميكية. في هذه الدراسة [27]، تم إختيار مركز مدينة طرابزون في تركيا كمنطقة تجريبية لإنشاء مشروع نموذج قاعدة بيانات للحرائق تعتمد على نظم المعلومات الجغرافية وكأساس لعينة من الاستعلامات المكانية لدعم مكافحة إدارة الحرائق. تم الأستفادة من هذا التطبيق التجريبي، أولاً، من خلال فحص وتحليل سجلات الحرائق في وسط المدينة بين عامي 2005 حتى عام 2008، وثانياً، تم إدراج جميع البيانات للحرائق ذات الصلة في جهاز الكمبيوتر كقاعدة بيانات مدعومة بنظم المعلومات الجغرافية. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء التحليلات المكانية وإنتاج خرائط مخاطر الحرائق للمنطقة والمستندة بدقتها الى إلى

البكسل. وإنطلاقاً من مبدأ أن حماية الأرواح والممتلكات من خلال تقليل تأثير الحرائق والكوارث المحتملة هي المهمة الرئيسية لخدمة الإطفاء في أي مكان في العالم، هذا إضافة الى تعزيز خدمات الطوارئ الطبية، والذي يكون من خلال التخطيط والتأهب والاستجابة للحوادث والوعي العام وإنفاذ القانون من خلال تبادل المعلومات الدقيقة. تعد نظم المعلومات الجغرافية، بسبب طبيعتها المكانية، واحدة من أكثر الأدوات فعالية لتحليل وتحديد وتوضيح وتصور المناطق والمشاكل المحتملة لتقديم خدمات الطوارئ. لذا فقد تم إجراء دراسة تحليلة مكانية لمدينة ناجبور في ولاية ماهاراشترا [28]، والتي تعتبر واحدة من أكثر المدن اكتظاظاً بالسكان في الهند وهي معرضة بشدة لخطر الحرائق. تم تحليل ودراسة الوظيفة المكانية لثماني محطات إطفاء تقع في المدينة وذلك بإستخدام تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية. كشفت الدراسة أن هنالك حاجة إلى تحسين نظام إدارة الحرائق من خلال زيادة عدد محطات الإطفاء ومعدات الإطفاء بما يتناسب مع الكثافة السكانية العالية والمتزايدة للمدينة.

هدفت الدراسة [29] إلى توفير إجراء آلي مرن في تحديد المواقع التي تفتقر إلى تدفق مياه النيران الكافي أثناء الحرائق. ولتحقيق هذا الهدف، تم إعتماد نظم المعلومات الجغرافية لتحديد العلاقات المكانية بين صنابير إطفاء الحرائق وحوادث الحرائق السابقة، وتم دراسة العلاقة بين تباعد الصنابير ومواصفات البناء الموصى بها. وقد تم إختبار هذه الطريقة في موقعين مختلفين في شرق ميشيغان بالولايات المتحدة الأمريكية. وأشارت النتائج إلى القدرة العالية في تحديد مدى توافر صنابيرالمياه، وتقييم مدى ملاءمة تدفق الماء المتاح في الحرائق، بما في ذلك المناطق ذات الزيادة السكانية المحتملة مستقبلاً. وبإستخدام نفس البيانات، ونظم المعلومات الجغرافية الإضافية ،تمكنت هذه الآلية من تحسين موقع صنابير المياه والتأكد من تكرارات فئات الحرائق المختلفة والتعرف على أنماط أنواع المباني المعرضة للحرائق.

تلعب محطات الإطفاء وبمساعدة رجال الإطفاء دوراً مهماً في معالجة الحرائق والإنفجارات من حيث الإنقاذ والسلامة. ونظراً لكون مدينة إبادان واحدة من أكثر المدن اكتظاظاً بالسكان في نيجيريا لذا فإنها تواجه دائماً خطراً ناجماً عن إندلاع الحرائق مما يؤدي إلى خسائر في الأرواح والممتلكات، وقد أصبحت هذه مشكلة حرجة ويجب معالجتها. لذلك، فإن هذه الدراسة [30] بحثت في مدى إستجابة محطات خدمة الإطفاء لتغشي حرائق محطات تعبئة الوقود ومراكز الرعاية الصحية في المنطقة الحضرية الأساسية لمدينة إبادان باستخدام تطبيق نظم المعلومات الجغرافية. تم إجراء تحقيقات في الموقع للحصول على معلومات الموقع المكاني لمحطات الإطفاء ومحطات الوقود ومراكز الرعاية الصحية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (Garmin 78s). تم النظر في المعيار المقبول من قبل وزارة الموارد البترولية النيجيرية ومجلس التخطيط الحضري والإقليمي لولاية أويو وخدمة الإطفاء الفيدرالية لمحطة خدمة الإطفاء لمنطقة الدراسة. تم إجراء مزيد من التحليل باستخدام Microsoft Excel 2007 وArcGIS 10.3. وأظهرت النتائج أنه من بين 153 محطة تعبئة وقود داخل منطقة الدراسة، هناك 30 محطة (19.6%) تقع ضمن الحد الأدنى من الفاصل المعياري الموصى به من قبل السلطة المحلية والموارد البترولية البالغ 300 متر. و11 (7.2%) منها تقع ضمن معيار تنظيم 400 متر. علاوة على ذلك، فإن 49 محطة تعبئة فقط (32%) في المنطقة لديها مضخات توزيع بنصف قطر تغطية لا يقل عن 15 متراً، كما هو محدد من قبل إدارة الموارد البترولية في نيجيريا. وجدت الدراسة أن 93 محطة تعبئة (60.8%) تقع ضمن دائرة نصف قطرها 2.7 كيلومتراً من محطات خدمة الإطفاء. ووجدت أيضا أن 11 (7.2%) من مراكز الرعاية الصحية معرضة بشدة لخطر الحريق المحتمل في محطات الوقود داخل دائرة نصف قطرها 200 متر، و20 (13.1%) منها كانت في المنطقة المعتدلة الخطورة بنصف قطر 300 متر بينما 122 (79.7%) كانت في المنطقة المنخفضة الخطورة. أظهرت الدراسة أن إستجابة محطة الإطفاء لإندلاع حريق محطات تعبئة الوقود في منطقة الدراسة يقلل من المخاطر المرتبطة حيث أن نسبة أكبر من محطات تعبئة الوقود كانت متوافقة مع المسافة المطلوبة

لمحطات خدمة الإطفاء وبالتالي تقليل المخاطر المحتملة في مراكز الرعاية الصحية بسبب إندلاع الحرائق المتوقعة محطات تعبئة الوقود.

هدفت هذه الدراسة [31] إلى إختيار موقع مناسب لمحطة إطفاء حريق جديدة في قضاء بعقوبة شرق العراق. تم إختيار نموذج الملاءمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بناءً على خمس طبقات معايير وهي الطرق، المستشفيات، محطات الإطفاء الحالية، السكان، ومراكز الشرطة. تمت معالجة جميع البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10. وتم توحيد طبقات المعايير بإستخدام عضوية الخطوط الضبابية FLM (Fuzzy Liner Membership) ثم تم دمجها لإنتاج خريطة ملاءمة محطة الإطفاء النهائية. تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث فئات وهي: غير مناسبة، مناسبة منخفضة، ومناسبة عالية وفقا للمعايير الخمسة المطبقة. أظهرت الدراسة كفاءة هذه الطريقة للنمذجة المكانية متعددة المعايير. تم تحديد التراكب المضبب عن طريق الإستفادة من وظيفة البيانات الملاحية المنتظمة في كل من البيانات النقطية المدخلة. ويتم حمل المستجيبين الأوائل لحرائق الغابات، خاصة في المناطق التي لا يمكن الوصول إليها عن طريق البر، بواسطة طائرات الهليكوبتر. وفي حرائق الغابات الكبيرة يكون من الضروري إستخدام المروحيات للوصول إلى مناطق الحرائق في أقصر وقت، الأمر الذي يبين أهمية مواقع طائرات الهليكوبتر. تم في هذه الدراسة [32] معالجة مشكلة تغطية المناطق المعرضة للحرائق من خلال تحسين مواقع طائرات الهليكوبتر في منطقة ميلاس ذات الغابات الكثيفة في موغلا، تركيا، كون حرائق الغابات قد حدثت بشكل خطير في السنوات السابقة لإجراء الدراسة. وقد هدفت هذه الدراسة إلى تغطية المنطقة بأكملها بأقل عدد ممكن من مهابط طائرات الهليكوبتر خلال أوقات الاستجابة للحرائق. تم دمج كثافة الغابات في المنطقة ذات الصلة كأوزان في النموذج الرياضي المعتمد على نظم المعلومات الجغرافية خلال تحديد الموقع. هذه إضافةً إلى عدة شروط تتعلق بمنطقة الدراسة مثل قربها من الطرق، المسافة إلى مناطق الإستيطان، الإنحدار، الأراضي الرطبة، الإرتفاع، ووجود مهابط طائرات الهليكوبتر أو المطارات. تم جمع المعلومات وتحليلها لإستخدامها في النمذجة الرياضية عن طريق برنامج ArcGIS، والذي تم تطويره كنموذج برمجة متعدد الأهداف. تم إستخدام النمذجة الرياضية لتحديد منحني باريتو الأمثل (Pareto front) لمهبط طائرات الهليكوبتر ومواقع مصادر المياه الإضافية في حرائق الغابات.

7. طرق حساب كمية المياه اللازمة لإخماد الحرائق

يعد تحديد متطلبات مياه مكافحة الحرائق أمراً أساسياً في خدمة الإطفاء في حرائق المنشآت الصناعية لأنها تدعم إختيار وتوزيع الموارد. ولهذا السبب فقد تناولت عدد من المنظمات والباحثين والمؤلفين هذا الموضوع وقدموا مجموعة متنوعة من الحلول. يرتبط توفير مياه مكافحة الحرائق ارتباطاً وثيقاً بالطرق والآليات المتبعة من قبل خدمة الإطفاء وبالتالي سوف تتأثر إيجاباً بإدخال تكنولوجيا جديدة.

قام عدد من مهندسي إمدادات المياه في القرن الماضي بدراسة مشكلة تحديد ما هي كمية المياه الكافية لمكافحة الحرائق في الأبنية بشكل عام. في معظم الدراسات السابقة بهذا الخصوص كانت العلاقات مبنية على عدد منافذ المياه لكل مجموعة أفراد من السكان [33]. وقد أوجد العديد من الباحثين في حسابات كمية مياه الأطفاء اللازمة لإطفاء الحرائق علاقات عددية تجريبية بين تدفق مياه مكافحة الحرائق اللازمة للأطفاء وبين خصائص المبنى المعرض للحريق متمثلا إما بمساحة الأرضية أو حجم مقصورة الحريق. لكن الارتباط بقي غامضاً ولا يلبي تطلعات الباحثين في أيجاد طريقة دقيقة لحساب كمية المياه اللازمة لمكافحة الحرائق وهذا ينعكس في التباين الكبير في البيانات المأخوذة من المصادر المختلفة. وبالرغم من التباين الموجود في

نتائج حسابات هذه الطرق التجريبية وبالرغم من قلة عددها إلا أنها الطرق الوحيدة المتوفرة والتي تأخذ بنظر الأعتبار مواصفات المباني وما يجاورها. وسيتم إستعراض أهم هذه الطرق وأكثرها شيوعاً وأستخداماً.

1) طريقة مكتب خدمات التأمين ISO: (Insurance Services Office method)

تعتبر طريقة ISO الأمريكية هي الطريقة الأكثر شمولاً وفعاليةً وهي طريقة مستخدمة على نطاق واسع لحساب متطلبات تدفق المياه لمكافحة الحرائق [33]. وينتج من هذه الطريقة حساب الاحتياجات المائية لمكافحة الحرائق في الأبنية بشكل عام وفي المنشآت الصناعية بشكل خاص. وهذه الطريقة تأخذ في نظر الإعتبار أربعة جوانب رئيسية منها إمدادات المياه الازمة لأطفاء الحرائق. إن صيغة ISO الأساسية هي:

$$NFF_i = (C_i)(O_i)[1 + (X + P)_i]$$

(1)

حيث يمثل:

NFF_i: معدل تدفق المياه المطلوب (Needed Fire Flow rate) لإطفاء الحريق للمبنى قيد الدراسة (غالون/ دقيقة)،

C_i: معامل البناء (Construction Factor) والذي يعتمد على تشييد المبنى من حيث نوع البناء والمساحة الفعالة (غالون/ دقيقة)،

O_i: معامل الإشغال (Occupancy Factor) والذي يعتمد على نوعية الإشغال السائد المبنى،

X: معامل التعرض للمباني (Exposure Factor) وهو متعلق بمدى تعرض المباني المجاورة للحرائق،

P: معامل الإتصال (Communication Factor) وهو متعلق بالإتصال بين المباني.

وتشمل هذه العوامل ضمناً العوامل التي تساهم في التعرض قرب المباني المجاورة من ناحية إتصالها وقربها من المبنى القابل للإحترق إضافة إلى إنهاءات واجهتها، نوعية المواد المستخدمة في المبنى القابل للإحتراق، ظروف الرياح السائدة في المنطقة، ووجود أي مواد أو نباتات قابلة للاحتراق. تهدف حسابات تدفق الماء المطلوب في الحرائق NFF إلى التأكد من وجود إمدادات مياه كافية وضغط كافٍ لمكافحة الحرائق ليس فقط لإطفاء الحرائق داخل المنشأ المعني ولكن أيضاً لحماية الابنية المجاورة من إنتشار الحرائق. لغرض حساب NFF للمبنى القابل للإحترق، سوف نحتاج إلى تحديد النوع (الفئة) السائدة للبناء، الحجم (المساحة الفعالة) للمبنى، نوع (فئة) الإشغال السائد للمبنى، ومعامل إتصال المبنى قيد الدراسة بمبنى آخر. تسمح هذه الطريقة أيضاً بأمكانية تقليل معدل تدفق المياه المطلوب إذا كان المبنى مجهزاً بنظام أوتوماتيكي لرشاشات الماء المخصصة لإطفاء الحرائق. وسيتم إعتماد هذه الطريقة وبالتفصيل في هذه الدراسة وذلك كونها الطريقة الموصى بها الأكثر شيوعاً والأكثر استخداماً والأكثر تمثيلاً للعوامل المختلفة المتعلقة بهيكلية المبنى والتي تؤثر على إنتشار النار في المبنى الصناعي المعرض للحريق وفي المباني المجاورة [34].

2) طريقة برنامج إدارة مخاطر الحرائق للمركز القومي للبحوث في كندا: (Fire Risk Management Program of the National Research Council of Canada)

تم إبتكار طريقة حديثة لتقدير الاحتياجات المائية لأغراض مكافحة الحرائق والذي تم تطويره بواسطة برنامج إدارة مخاطر الحرائق التابع للبحوث الوطنية لمجلس كندا. تم تنفيذ هذا العمل بالشراكة مع وزارة الخارجية الكندية للدفاع الوطني، وذلك في إطار تطوير نموذج لتقييم الحماية من الحرائق في المباني بشكل عام والصناعية بشكل خاص [35]. والنموذج الجديد يأخذ في

نظر الإعتبار شكل المبنى، سيناريوهات الحريق المحتملة التي قد تحدث في المبنى، مواقع كاشفات الحريق وخصائصها، تأثير أنظمة الإطفاء الأوتوماتيكية على الحريق و مواقعها ،المباني المجاورة، واستجابة وفعالية إدارة وأقسام الإطفاء في المنطقة. تتلخص هذه الطريقة بحساب معدلات التدفق المطلوب للمياه *NFF* لإخماد الحريق وحماية التعرض لكل جانب من جوانب المبنى. وقد تم تصميم البرنامج ليكون تفاعلياً، بحيث يمكن للمصمم أن يرى على الفور تأثيرات المتغيرات المختلفة على تدفق المياه المطلوبة لإخماد الحرائق في المنشآت الصناعية. وفي هذه الطريقة يتم حساب جزء الفتحات غير المحمية لكل جدار خارجي مع الأخذ في نظر الاعتبار وقت فشل الجدار ووقت فشل أي سقف قابل للاحتراق. وعند فشل الجدار الخارجي نتيجة للحريق، فتفترض هذه الطريقة أن الجدار بأكمله سيكون بمثابة فتحة غير محمية.

3) طريقة جامعة ولاية أيوا: (Iowa State University method)

تعتمد طريقة جامعة ولاية أيوا الأمريكية [36] على أن حساب كمية المياه اللازمة لإطفاء الحريق يتم إيجادها عن طريق مقدار إمتصاص طاقة النار وإزاحة الأوكسجين من قبل هذه المياه. وبناءً على الأبحاث، حددت جامعة ولاية أيوا أن حجم الماء في اللتر الواحد اللازم لإطفاء الحريق يساوي حجم الهواء الموجود في المبنى (V) بالقدم المكعب مقسوم على 1.5 وخلصت أيضاً إلى أنه من الأفضل أن يتم إدخال الحجم الإجمالي الازم للماء لإطفاء الحريق إلى منطقة الإحتراق خلال 30 ثانية، وهنا يمكن حساب معدل تدفق المياه المطلوب (لتر/ دقيقة) باستخدام المعادلة التالية:

$$NFF = V/0.75 \quad (2)$$

تعتمد هذه الطريقة على النتائج التجريبية، وتفترض أن 80% من الماء المسلط على النار سيتحول إلى بخار، وهو ما قد يحدث فعلاً بنسبةعالية في بعض السيناريوهات. ويرى بعض الباحثين، وبسبب عدم الكفاءة في تطبيق الماء، بانه يجب أن يكون معدل تدفق المياه الفعلي أكبر مرتين إلى أربع مرات من المعدل المحدد بالمعادلة (2) [37]. تعتمد المعادلة (2) على أنواع الوقود "العادية" (السليلوزية المفترضة) و لذلك قد لا يكون مناسباً للحرائق في البيئات الصناعية بسبب أن أنواع الأبخرة المتصاعدة التي يتم إطلاقها من الوقود السليولوزي المحترق تختلف عما يحدث في حرائق المنشآت الصناعية. كما أن النموذج يأخذ بعين الاعتبار حجم المبنى فقط، وهذا قد ينتج عنه معلومات غير دقيقة النتائج عند تطبيقها على المباني ذات الأشكال الهندسية غير العادية (مثل الأسقف العالية) أو تكوينات الوقود غير العادية. قد يتنبأ النموذج أيضاً بمعدلات تدفق مياه عالية بشكل غير واقعي في الحرائق الكبيرة، وتفترض هذه الطريقة أيضاً أن إجمالي حجم الماء المطلوب يجب أن يتم تطبيقه خلال 30 ثانية من بدأ الحريق.

4) طريقة معهد إلينوي لأبحاث التكنولوجيا: (Illinois Institute of Technology Research method)

الصيغة التي طورها معهد إلينوي الأمريكي لأبحاث التكنولوجيا [36] هي بناءً على تحليل الانحدار لمسح 134 حريقاً في منطقة شيكاغو. وقد خلصت الصيغة الى أن حساب معدل تدفق المياه المطلوب NFF (لتر/ دقيقة) للمبنى غير السكاني المعرض للحريق يكون من خلال المعادلة التالية:

$$NFF = -5.7*10^{-3}A^2+17.12A \quad (3)$$

حيث تمثل (A) مساحة النار بالمتر المربع، وتعتمد هذه الطريقة بالكامل على البيانات التجريبية. ومما يؤخذ على هذه الطريقة أن تفاصيل الحرائق في الاستطلاع غير معروفة، ولذلك فمن الصعب الإعتماد على هذه الطريقة. كما أن مدى توافق نتائج تحليل الإنحدار للحرائق الـ 134 مع البيانات الفعلية من الحرائق، والطريقة المستخدمة لقياس معدلات تدفق المياه المستخدمة للسيطرة على هذه الحرائق هو أيضاً مجهول.

5) طريقة دليل تصميم هندسة الحرائق في نيوزيلندا: (New Zealand Fire Engineering Design Guide) (method

تعتمد هذه الطريقة على فرضية أن معدل تدفق الماء المطلوب هو الذي سيكون كافياً لإمتصاص طاقة النار [11]. يتم في هذه الطريقة حساب معدل تدفق المياه المطلوب لإخماد الحرائق (NFF) (لتر/ ثانية) بالمعادلة التالية :

$$NFF = \frac{Q_f}{\eta_{ab} \cdot Q_w} \quad (4)$$

حيث يمثل:

Q_f: معدل أطلاق الحرارة من النار (ميغاواط)،

η_{ab}: كفاءة التبريد، أي كفاءة الماء في إمتصاص الطاقة من النار، وتتراوح قيمته بين (0 و 1)،

Q_w: معدل الطاقة الذي يمكن أن يمتصه الماء نظرياً (تقريبا 2.605 ميغاواط/ لتر/ ثانية).

وتعتبر كفاءة التبريد أحد العوامل المستخدمة في تفسير حقيقة أنه ليس كل الماء سيتم تحويله إلى بخار عند تطبيقه على النار. تعتمد قيمة Q_W على فرضية أنه سوف يمتص لتر واحد من الماء ما مقداره 2.605 ميغاجول (ميغاواط/ لتر/ ثانية) من الطاقة عند تسخينه من 0 درجة مئوية إلى البخار عند 100 درجة مئوية. إن دقة هذه الطريقة تعتمد على بيانات دقة معدل إطلاق الحرارة وقيمة كفاءة التبريد المستخدمة. هذه الطريقة تأخذ في الاعتبار فقط خصائص الماء بامتصاص الحرارة وليس التأثير الخانق للبخار الناتج عند الماء المتبخر ومواصفات المبنى المحترق والمواد القابلة للإحتراق داخل المبنى وطبيعة المباني المجاورة. وهذا يؤدي إلى تقدير متحفظ لمعدل تدفق المياه المطلوب.

6) طريقة مدونة بناء أونتاريو- الجزء الثالث: (Fire Protection Water Supply Guideline for Part 3 in the Ontario Building Code method)

تم تطوير طريقة كود البناء في أونتاريو/ كندا [38] لتوفير دليل إرشادي لتحقيق الإرضاء متطلبات الكود الخاصة بإمدادات المياه الكافية لمكافحة الحرائق. وكان الغرض من هذا الدليل الإرشادي هو تقديم تقدير أبتدائي لكمية المياه المطلوبة لدعم إخلاء المواطنين وعمليات البحث والإنقاذ التي يقوم بها قسم الإطفاء، ومنع إنتشار التعرض للحريق. وكذلك تقدير كمية المياه المطلوبة لتوفير قدر جيد من حماية الممتلكات خلال المراحل الأولى من الحريق.

تصف الطريقة معايير تحديد ما إذا كان المبنى يحتاج إلى إمدادات المياه في الموقع للحماية من الحرائق. وفي الحالات التي يكون فيها مطلوب إمدادات المياه للحماية من الحرائق في الموقع، فأن كمية المياه المطلوبة باللتر (W) يتم حسابها باستخدام صيغة تتضمن حجم المبنى (V) والعوامل التي تراعي إشغال المبنى وتشييده (K) ومقدار العزل المكاني (S_{tot}) عن طريق العلاقة التالية:

$$W = K\,V\,S_{tot}$$

(5)

يتم هنا تحديد معدل تدفق المياه المطلوب من خلال مقارنة هذه الكمية الإجمالية المطلوبة للمياه ومساحة البناء بمعايير مختلفة. إن معدلات التدفق المحسوبة باستخدام هذه الطريقة تتراوح بين 1800 و9000 لتر/ دقيقة. تعتبر طريقة كود البناء في أونتاريو، مشابهه لطريقة ISO ، حيث تأخذ بنظر الأعتبار العديد من العوامل والأمور المهمة المتعلقة بمواصفات المبنى وما يحوي من مواد قابلة للإحتراق وعلاقته بالمباني المجاورة المتعرضة للحريق. ومع ذلك، وكما هو الحال مع طريقةISO ، لا تتوفر معلومات حول كيفية الحصول على بعض المعاملات والعوامل المستخدمة في الطريقة. وفي حالة كون الأبنية كبيرة او معقدة كالأبنية الصناعية، أو أن كمية النار كبيرة وتحتاج الى كمية تدفق مياه للأطفاء أكثر من 9000 لتر/ دقيقة، فلا يوصى بأستخدام هذه الطريقة كونها تعطي نتائج غير دقيقة مقارنة بطريقة ISO [37].

8. تقدير الوقت اللازم لعملية الأطفاء

إن مقدار الوقت المحدد لحادثة الحريق، والمطلوب لحساب كمية المياه اللازم خزنها وتوفرها لعملية إخماد الحريق في المنشآت الصناعية، يمكن أن يختلف بشكل كبير اعتماداً على العوامل المذكورة سابقاً، بما في ذلك حجم الحريق وكثافته، وفي أدناه بعض القيم التقريبية بناءً على السيناريوهات الشائعة والبيانات التاريخية الأدبية [20]:

1- حرائق المنازل

قد يتم إطفاء الحرائق الصغيرة في المباني السكنية بسرعة نسبية، خلال 10 إلى 30 دقيقة. ويمكن أن تستمر الحرائق الأكبر حجماً أو الحرائق التي تشمل وحدات متعددة في المباني السكنية لعدة ساعات، ربما من ساعة واحدة إلى 4 ساعات أو أكثر.

2- حرائق الغابات

يمكن أن تختلف مدة حرائق الغابات بشكل كبير إعتماداً على عدة عوامل مثل توفر النباتات والأشجار القابلة للإحتراق وكثافتها، والظروف الجوية، وجهود مكافحة الحرائق. قد يتم إحتواء حرائق الغابات الصغيرة في غضون ساعات قليلة إلى يوم واحد. ويمكن لحرائق الغابات الكبيرة، وخاصة تلك الموجودة في المناطق النائية التي يصعب الوصول إليها، أن تستمر لأسابيع أو حتى أشهر قبل أن يتم إخمادها بالكامل.

3- حرائق المباني التجارية والصناعية

يمكن أن تكون الحرائق في المباني التجارية أو الصناعية أكثر تعقيداً وقد تستمر لعدة ساعات، ربما من 4 إلى 12 ساعة أو أكثر. ويمكن أن تستمر الحرائق الصناعية الكبيرة، مثل تلك الموجودة في المستودعات أو المنشآت الصناعية، لعدة أيام في الحالات القصوى.

ويمكن أن تنحرف فترات الحريق الفعلية عن هذه النطاقات بناءً على ظروف محددة وفعالية جهود إخماد الحرائق. وهنا بالأمكان إعتماد مقدار الوقت في معادلات حساب كمية المياه (لتر) اللازمة لأطفاء حرائق المنشآت الصناعية، والناتجة من حساب معدل تدفق المياه المطلوب لإطفاء الحرائق (لتر/ دقيقة) مضروباً في الوقت المطلوب لإخماد الحريق (دقيقة)، بأعتماد قيمة الوقت من لحظة البدأ بعملية إطفاء الحريق إعتماداً على المخزون المائي المخصص والمصمم لهذا الغرض في المنشأة الصناعية لحين وصول إمدادات إدارة أو قسم الأطفاء المعني لأكمال عملية الإخماد.

9. الأستنتاجات والتوصيات

ونتيجة لما تم مناقشته في أعلاه، فإن هنالك العديد من الطرق الشائعة في الأدبيات السابقة والتي من الممكن إستخدامها لتقدير كمية المياه اللازمة لأطفاء الحرائق في المنشآت الصناعية. ومن بين الطرق الستة والتي هي الأكثر شيوعاً والتي تم مناقشتها سابقاً، فأن الطرق الاربعة الأولى تستند في الغالب وبشكل أساسي على الأدلة التجريبية. ومن الملاحظ أن طريقة معهد إلينوي لأبحاث التكنولوجيا (الطريقة الرابعة) هي علاقة تجريبية تعتمد فقط على 134 حريقاً في منطقة شيكاغو. ولكي تكون مثل هذه الطريقة مناسبة، يجب أن يعتمد على عدد أكبر من الحرائق وأن يتكون من أكثر من قسمين (المباني السكنية وغير السكنية). ومن الملاحظ أيضاً أن طريقة جامعة ولاية آيوا (الطريقة الثالثة) لا تأخذ في نظر الإعتبار العديد من خصائص المباني المختلفة وتعرضاتها من المباني المجاورة، كما أنه لا يوصى بها في حالة حساب كمية المياه اللازمة للأطفاء عندما تكون الحرائق المتوقعة كبيرة، حيث تبين أن معدلات تدفق المياه المطلوبة التي تنبأ بها هذه الطريقة تنخفض عندما تصبح المساحة المعرضة للحريق أكبر حيث أنها لا تعطي نتائج حقيقية عندما تكون مساحة الأرض المعرضة للحريق أكبر من 1200 متر مربع [35]. وتعد الطريقتين الأولى والثانية (طريقة مكتب خدمات التأمين ISO وطريقة برنامج إدارة مخاطر الحرائق للمركز القومي للبحوث في كندا) هي الأكثر تفصيلاً في أعتبارها للعوامل العديدة والمختلفة، وبالتحديد ما يتعلق بهيكلية المبنى المعرض للحريق وعلاقته بالمباني المجاورة، وذلك لحساب كمية المياه اللازمة لأطفاء الحرائق، وهذا يعد من الأمور المهمة الواجب أخذها بنظر الإعتبار عند دراسة الحرائق في المنشآت الصناعية. لذا تقترح هذه الدراسة بأن تكون هاتين الطريقتين أساساً لحساب كمية المياه المثلى اللازمة والواجب توفرها لأطفاء الحرائق في المنشآت الصناعية.

10. المصادر

[1] Davis, S. (2000). A Review of Fire Fighting Water Requirements: A New Zealand Perspective. School of Engineering report, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

[2] Barr, R. C., Bennett, J. A., Brunacini, N., Coleman, R. J., and Eversole, J. M. (2003). The fire chief's handbook. 6th ed., Tulsa, OK: Fire Engineering.

[3] International Association of Fire Chiefs. (2009). Fundamentals of fire fighter skills. 2nd ed., Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers.

[4] American Water Works Association. (2008). M 31: Distribution system requirements for fire protection. 4th ed., Denver, CO.

[5] Cote, A. E., Grant, C. C., Hall, J. R., Powell, P. A., and Solomon, R. E. (2008). Fire protection handbook. 20th ed., vol. 2, Quincy, MA: National Fire Protection Association.

[6] American Water Works Association. (2003). Water transmission and distribution. 3rd ed., Denver, CO.

[7] Clark, R. M., Deb, A. K., Grablutz, F. M., Grayman, W. M., McCammon, S. B., and Okun, D. A. (2002). Impacts of fire flow on distribution systems: Water quality, design, and operations. Denver, CO: American Water Works Association.

[8] Lauer, W. (2005). Water distribution operator training handbook. 3rd ed., Denver, CO: American Water Works Association.

[9] Trifunovic, N. (2006). Introduction to urban water distribution. London: Taylor and Francis Group.

[10] Tiwary, A., Jain, S., Rathore, S., Khan, S., Patel R., Jain S., Soni, S., and Shaikh, S. (2021). Reliability Evaluation of Fire Extinguisher –An Innovative Safety Approach. International Journal of Innovative Science and Research Technology. Volume 6, Issue 5, pp. 244-247.

[11] Buchanan, A. H. (2001). Fire Engineering Design Guide. Center for Advanced Engineering. Christchurch, New Zealand, Second Edition.

[12] Clarke, J. W. (1999). A Review of the Building Separation Requirements of the New Zealand Building Code Acceptable Solutions. A report at School of Engineering University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

[13] British Standards Institute. (1997). Fire Safety Engineering in Buildings. DD240:Pt 1 & 2 (1997). BSI, London, U.K.

[14] Rasbash, D. J. (1986). The Extinction of Fire with Plain Water: A Review. Fire Safety Science 1: 1145-1163. doi:10.3801/IAFSS.FSS.1-1145.

[15] Guide for Determination of Needed Fire Flow, Insurance Services Office, New Jersey, (2008).

[16] John, R., and Hall, J. (2010). U.S. EXPERIENCE WITH SPRINKLERS AND OTHER AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT. National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division.

[17] Yadav, Aashish and Praveen Patel. “Assessment of Water Requirement and Calculation of Fire Flow Rates in Water Based Fire Fighting Installation.” (2014).

[18] Miyashita, T., Sugawa, O., Imamura, T., Kamiya, K., and Kawaguchi, Y. (2014). Modeling and analysis of water discharge trajectory with large capacity monitor. Fire Safety Journal, Elsevier, vol. 63, pp. 1-8. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.09.028

[19] Vishnoi, K. (2017). Piping layout for fire sprinkler system: An overview. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS), Vol. 4, No. 3.

[20] National Fire Protection Association. NFPA 13(2022). Standard for the Installation of Sprinkler Systems. Canadian Automatic Sprinkler Association. NFPA.

[21] Babrauskas, V. and Peacock, R. (1990). Heat Release Rate: The Single Most Important Variable in Fire Hazard. Fire Safety Journal 18 (1992): 255-272.

[22] Bwalya, A. C., Bénichou, N., and Sultan, M. A. (2003). Literature Review on Design Fires. National Research Council of Canada. Institute for Research in Construction, report no. RR-137.

[23] Staffansson, L. (2010). Selecting design fires. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, report 7032 Lund 2010.

[24] Byström, A. (2017). COMPARTMENT FIRE TEMPERATURE: CALCULATIONS AND MEASUREMENTS. Doctoral Thesis, Division of Structural and Fire Engineering Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. Luleå University of Technology. Sweden.

[25] ESRI. (2007). GIS for Fire Station Locations and Response Protocol. ESRI White Paper, No. J-9587.

[26] ESRI. (2012). GIS for the Fire Service. ESRI White Paper, No. J-10126.

[27] Nisanci, R. (2010). GIS based fire analysis and production of fire-risk maps: The Trabzon experience. Journal of Scientific Research and Essays. Vol. 5(9), pp. 970-977.

[28] Sarma, K., Tomar, S., Garg, J. K., and Joshi, V. (2011). IMPLICATIONS OF FIRE RISK MITIGATION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN NAGPUR CITY. Proceedings: "Fire India 2011" (International Conference & Exhibition), New Delhi, India. doi: 10.13140/RG.2.1.3602.9520

[29] Kaufman, M. M., and Rosencrants, T. (2015). GIS method for characterizing fire flow capacity. Fire Safety Journal, Elsevier, vol. 72, pp. 25-32. doi: 10.1016/j.firesaf.2015.02.001

[30] Adewuyi, G. K. (2020). Assessment of Fire Service Station Response to Filling Stations Fire Outbreak and Vulnerable Healthcare Centers to Filling Stations in Urban Settlement. International Journal of Research, 7(3), 10-30. doi: 10.4444/ijrr.1002/1793

[31] Nsaif, Q. A., and Al-Obaidi, M. A. (2022). Site Selection of Fire Station Based on GIS Approach for Baquba District Eastern Iraq. Journal of Image Processing and Intelligent Remote Sensing. pp. 14-22. doi: 10.55529/jipirs.23.14.22

[32] Maras, E. E.; Dönmez, K.; and Emecen, Y. (2023). GIS-Based Determination of the Optimal Heliport and Water Source Locations for Forest Fire Suppression Using Multi-Objective Programming. Aerospace journal, 10, 305. doi:10.3390/aerospace10030305

[33] Linder, K. W. (1997). Water Supply Requirements for Fire Protection. Fire Protection Handbook, Edd. 18, (Section 6, Chap 5)-National Fire Protection Association, 1 Batteryrnarch Park, Quincy, MA, USA.

[34] Carl, K. J. (1973). Guidelines For Determining Fire-Flow Requirements. Journal of the American Water Works Association, pp. 335–344.

[35] D. Torvi, G., Hadjisophocleous, M. B., and Thomas, G. (2001). Estimating Water Requirements for Firefighting Operations using FIERAsystem. Fire Technology, 37, pp. 235–262.

[36] Royer, K., and Floyd, W. N. (1952). Water for Fire Fighting—Rate-of-Flow Formula. Iowa State University Bulletin, Engineering Extension—Bulletin No. 18, Iowa State University, Ames, IA.

[37] Linder, K. W. (1981). Water Supply Requirements F or Fire Protection. Fire Protection Handbook, 17th ed., Quincy, MA: National Fire Protection Association.

[38] Office of the Fire Marshal Technical Guideline OFM-TG-07-96, Fire Protection Water Supply Guideline for Part 3 in the Ontario Building Code, Province of Ontario, North York, ON, 1996.