

Objektorientierte Modellierung und Spezifikation (OMSI)

Simulation eines Brandszenarios

Kurzbeschreibung

Implementieren Sie eine zeitdiskrete Simulation der im folgenden geschilderten, (fast) realen Problemstellung, in der es um spontan entstehende Brände und deren Bekämpfung geht.

Aufgabenstellung

Grundproblem

Gegeben sei eine quadratische, beliebig grosse Stadt, die der Einfachheit in Planquadrate der Kantenlänge a unterteilt ist.¹ In einem vordefinierten Planquadrat (x_{FW}, y_{FW}) befinde sich eine Feuerwache, die über n_{FWA} Feuerwehrautos verfügt. Alle p_{brand} Minuten breche in einem zufälligen Planquadrat (x, y) mit $|x| \leq d_{max}$ und $|y| \leq d_{max}$ ein Feuer aus. Dabei wird im Moment des Ausbrechens für dieses Planquadrat zufällig eine Materialmenge $m_{x,y}$ aus dem Intervall $[m_{min}, m_{max}]$ bestimmt, die dem Feuer zum Verzehr zur Verfügung steht. Gleichzeitig wird in der Feuerwache ein Alarm ausgelöst, der dafür sorgt, dass sich mindestens ein Feuerwehrauto mit der konstanten Geschwindigkeit v_{FWA} auf den Weg zum Feuer begibt (die Länge des Weges ergibt sich nach Pythagoras).

Der Brand selbst wird durch einen kontinuierlichen Prozess simuliert, der den Zusammenhang zwischen Schadensgröße $s(t)$, Feuergröße $f(t)$, Löschrates $l(t)$ und einem pro Brand zufälligen, konstanten Brandentwicklungskoeffizienten c durch die folgenden beiden Differentialgleichungen modelliert:

$$\begin{aligned}f'(t) &= c \cdot f(t) - l(t) \\s'(t) &= f(t)\end{aligned}$$

Dabei ergibt sich die Löschrates $l(t)$ als einfache Multiplikation einer konstanten Löschkapazität l_{FWA} mit der Anzahl der sich zum Zeitpunkt t vor Ort befindlichen Feuerwehrautos.

Im Verlaufe eines Brandes können nun verschiedene Dinge passieren. Wenn die Feuergröße aufgrund genügend vorhandener Feuerwehrautos den Wert 0 erreicht/unterschreitet, ist der Brand gelöscht und alle beteiligten Feuerwehrautos können zurück zur Wache fahren bzw. andere Brandherde anfahren.

Erreicht die Schadensgröße die am Anfang des Brandes festgelegte Materialmenge $m_{x,y}$, so geht das Feuer ebenfalls mangels Brandmaterial aus. Ist zu diesem Zeitpunkt (noch) keine Feuerwehr vor Ort, greift das Feuer auf die benachbarten vier Planquadrate über und zwar pro Nachbarplanquadrat mit einer

¹-MAXINT bis MAXINT pro Dimension reicht aus

Wahrscheinlichkeit von p_{inferno} . Diese Anschlussfeuer werden wie neue Feuer behandelt und können ihrerseits ebenfalls zu Folgefeuern führen.²

Betrachten Sie zunächst den einfachen Fall, dass pro Brand genau ein Feuerwehrauto gerufen wird und anschließend immer zuerst zur Wache zurückkehrt, bevor Sie für ein neues Feuer bereitsteht. Erweitern Sie diese etwas realitätsferne Strategie durch eine Ihnen sinnvoller erscheinende und implementieren Sie diese. Berücksichtigen Sie dabei auch die Möglichkeit des „Verstärkungsrufens“, wenn ein Feuerwehrauto vor Ort feststellt, dass sie nicht für die Bekämpfung des Brandes ausreicht. Dokumentieren Sie ihre selbstgewählte Strategie und deren Erfolg im Vergleich zur oben beschriebenen „einfachen Strategie“.

Protokollieren Sie während eines Simulationslauf folgende Werte:

- Anzahl der Einsätze pro Feuerwehrauto
- Anzahl der abgebrannten Planquadrate gesamt
- Anzahl der abgebrannten Planquadrate mit anschließenden Folgefeuern
- die Schäden eines jeden Brandes in einem Histogramm (0-100% in 20 Klassen)

Zur besseren Vergleichbarkeit führen Sie Simulationen mit den folgenden, konstanten Referenzparametern (letzte Spalte) durch und protokollieren Sie die Ergebnisse:

Parameter	Verteilung	Aufgabe	Referenz
Ausgangsmaterial pro Brand $m_{x,y}$	Gleichvert.	[300; 3000]	1500
Brandentwicklungskoeffizient c	Gleichvert.	[0,01; 0,16]	0,08
Geschwindigkeit v_{FWA}	konstant	1 a/min	1 a/min
Ausdehnung des Brandgebietes d_{max}	konstant	20 a	20 a
Abstand der Brandausbrüche p_{brand}	neg. Exp.-vert.	7h	7h
Wahrscheinlichkeit für Folgefeuer p_{inferno}	konstant	0.25	0.25
initiale Feuergröße (=init. Schadensgröße)	Gleichvert.	[0; 5]	2,5
Löschkapazität pro Fahrzeug l_{FWA}	konstant	5	5
Anzahl der Fahrzeuge n_{FWA}	konstant	3	3
Simulationszeitraum	konstant	30 Tage	30 Tage

Kontrollieren Sie bitte selbst, ob die von Ihnen errechneten Werte halbwegs plausibel sind.

Hilfsmittel

Als Hilfsmittel sind (wie eigentlich immer) ein C++-Compiler und die ODEMx-Bibliothek nötig.

Abgabe und Bewertung

Die Abgabe erfolgt über Goya.

Viel Spaß!

²Die Tatsache, dass bereits „abgebrannte“ Planquadrate nicht erneut brennen können, müssen sie *nicht* berücksichtigen