

Comparative Study on Risk Assessment System of New Chemical Materials of China and European Union

Lang Huang, Chao Wu

School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China

中欧新化学物质风险评估体系比较研究

黄浪, 吴超

中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083, 中国

Abstract

In order to enrich the risk assessment system of new chemical materials of China, a comparative study on risk assessment system of new materials of China and EU was made. Firstly, the comparative study steps were put forward based on the paradigm system of comparative safety science. Then, the development process, risk assessment idea, data acquisition and data evaluation, damage effect assessment, exposure assessment and risk characterization were analyzed. The comparative results show that the two systems are similar in evolution, but different in assessment idea and assessment content and method. Finally, EU's successful experiences that worth for China was epurated.

Key words: comparative safety science; risk analysis; risk assessment; comparative study; new chemical materials

摘要

为完善中国新化学物质风险评估体系, 对中国和欧盟新化学物质风险评估体系进行比较研究。基于比较安全学的比较研究模式, 提出两体系的比较研究步骤。在此基础上, 比较分析两体系的演变发展过程、风险评估理念及评估内容和方法(如数据采集与数据评估、危害效应评估、暴露评估、风险表征)。比较研究表明: 两体系发展变革类似, 两体系在评估理念、评估内容和评估方法等方面存在较大差异。最后根据比较结果, 提炼中国需要借鉴欧盟以预防原则为评估理念等 5 方面成功经验。

关键词: 比较安全学; 风险分析; 风险评估; 比较研究; 新化学物质

1. 引言

随着现代科学技术的发展, 人类发现或合成的新化学物质种类越来越多、性质越来越复杂。这些新化学物质已经广泛应用到医药工业、染料、涂料、食品、化妆品等传统或新兴产业中, 在带来巨大经济效益和物质革新的同时, 也带来了众多安全、健康与环境影响问题。因此, 为防止新化学物质对人类安全健康和生态环境造成损害, 新化学物质的风险评估显得至关重要。

很多发达国家很早就开展了新化学物质的风险评估研究和管理工作, 如欧盟出台了《化学品注册、评估、授权与限制条例》(《Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals》[1-2], 简称 REACH 法规), 取得了显著成效, 在新化学物质风险评估方面引起巨大反响; 美国环境保护局 (EPA) 修改并颁布《有毒物质控制法》(TSCA), 其中第 5 部分要求对新化学物质实行风险评估; 加拿大环境局和卫生局根据《加拿大环境保护法》(CEPA) 对不在国内物质一览表 (N-DSL) 中的物质进行人类健康和环境体系的潜在风险评估; 日本对不在《现有化学物质详细目录》上的物质由环境部依照《化学物质审查限制法》(化审法)、《化学物质控制法》(CSCL) 进行风险评估与管理[3]; 中国 2010 年由环保部修订并出台了《新化学物质环境管理办法》(部令 7 号), 这也是中国新化学物质风险评估与管理的专项法规[4-5]。但中国对新化学物质的风险评估起步较晚, 相对滞后于国外发达国家, 在评估理念、评估内容及评估方法方面都存在不足。

鉴于此, 笔者运用比较安全学研究方法论, 从比

较的视角出发,对中国和欧盟新化学物质风险评估体系进行比较分析,以期完善中国新化学物质风险评估体系、促进中国新化学物质风险评估工作的开展提供参考和借鉴。

2. 比较研究模式与过程

2.1. 比较研究模式

比较安全学开辟了新的安全科学研究途径和思路。比较研究是包含一系列步骤的有序过程,基于文献提出的比较原理[6],将比较分析的研究步骤概括为:描述-解释-并列-比较-结论,根据比较安全学研究的方法论基础,结合比较安全学研究实践[7-8],本文加入“应用”步骤,并考虑“结论”与“应用”的目标达成情况,形成反馈环,在比较环节内嵌“描述-解释-并列-比较”,构建基于一般比较研究步骤的“客体-资料-比较-结论-应用”比较研究过程,如图1所示。

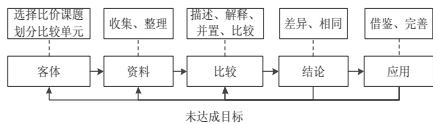


图1. 比较研究模式。

2.2. 比较研究过程

采取文献[6-8]所提出的思想,从时间维、空间维和知识维开展研究工作,按照上述比较研究模式,提出中欧新化学物质风险评估比较研究一般步骤,如图2所示。

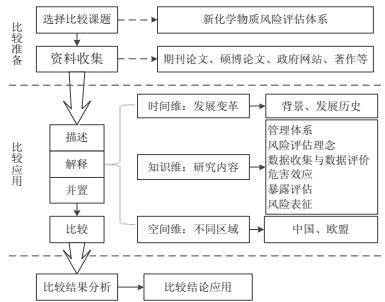


图2. 比较研究实施过程。

1) 比较准备阶段: ①确定比较研究对象,选取中国和欧盟新化学物质风险评估体系为比较课题; ②收集资料, 欧盟新化学物质风险评估与风险管理相关法

规,如欧盟 REACH 法规、欧盟物质和混合物的分类、标签和包装法规 (CLP 法规) 等, 而中国主要是新化学物质管理相关法律法规, 如《新化学物质环境管理办法》、GB 20576 等, 可以通过期刊论文、硕博论文、政府网站等获取。

2) 比较分析阶段: 从空间维、时间维和知识维三方面进行描述、解释、并列与比较工作。①空间维, 即中国和欧盟; ②时间维, 从历史的角度对中国和欧盟新化学物质风险评估体系发展变革进行比较分析; ③知识维, 划分为以下方面: 新化学物质风险评估体系、风险评估理念、数据采集与数据评价、危害效应评估、暴露评估和风险评估。其中“描述”可以采用统计、概括等方法, “解释”可以采用历史分析方法, “并列”可以采用结构、层次和对应等方法。

3) 比较结果分析与应用阶段: 基于客观性、系统性和全面性等原则, 采用比较法、类比法、归纳演绎等方法, 对各个比较要素进行比较分析, 得出比较结论, 并进行借鉴移植。

3. 中欧新化学物质风险评估体系比较研究

3.1. 主管机构及主要法律法规发展变革比较研究

1) 欧盟新化学物质风险评估主管机构及主要法律法规

早在 1967 年欧洲化学品工业理事会就开始采纳理事会 67/548/EEC 法规, 对新化学物质的管理模式由危害评估转变为风险评估, 这个由物质固有属性到物质风险的转变触发了物质暴露评估方法和风险评估模型的开发[9]。经过半个世纪的发展, 为了整合作用不大和效率底下的大约 40 部不同的关于新化学物质风险评估的指令和法规, 欧盟在 2006 年出台了 REACH 法规, 实现了通过统一的法规、运用一致的方法进行新化学物质风险评估。同时, 为了更好的推进 REACH 法规的执行和普及, 欧盟在组织机构方面成立了欧洲化学品管理局, 负责统一组织实施新化学物质的风险评估与管理的工作。REACH 法规下新化学物质风险管理的核心工具是化学品安全评估 (CSA)、化学品安全报告 (CSR)、安全数据表 (SDS)。REACH 法规的成功实施为很多国家新化学物质风险评估与管理提供了借鉴。

2) 中国新化学物质风险评估主管机构及主要法律法规

中国于 2003 年 9 月 12 日由国家环境保护总局发布第一部有关新化学物质风险评估的法规《新化学物质环境管理办法》(总局 17 号令), 开始实施新化学物质生产前或进口前风险评估制度, 这标志着中国在新化学物质管理领域进入了一个新时代。但在新化学物质

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

质风险评估与管理实施过程中还有许多工作需要改进和完善。基于此,中国2010年参考欧盟、美国、日本、加拿大等在新化学物质风险评估与管理方面多年的经验和积累,国家环境保护部修订并颁布了《新化学物质环境管理办法》(部令7号),对不在《中国现有化学物质名录》(IECSC)中的物质实施风险评估,强制要求中国境内生产或进口到中国境内的新化学物质进行风险评估,必须先向环保部化学品登记中心申报,获得申报登记证,才能在中国境内生产或进口到中国境内。在《新化学物质环境管理办法》下,常规申报的新化学物质需要提交风险评估报告,与欧盟REACH法规下的化学安全评估(CSA)原理一样,都是评估申报新物质对环境和人类健康造成的潜在风险,以确保新物质安全使用。

从以上分析可以看出,在发展变革方面:①中国新化学物质风险评估起步较晚,在参考国外发达国家成功经验的基础上,随着中国新化学物质评估体系的完善,由于体制改革的原因,其主管机构由国家环境保护局升级为国家环境保护部;②欧盟新化学物质风险评估起步早,其现行REACH法规是很多国家参照的对象,这也是选择欧盟新化学物质评估体系作为比较客体的原因,欧盟新化学物质风险评估主管机构也发生了变化,由欧洲化学品工业理事会升级为欧洲化学品管理局;③两体系新化学物质风险评估原理和目的一样,都是为了保障人类健康和生态环境安全。

3.2. 风险评估理念比较

化学物质在人类生产、生活和生存中不可或缺,随着科技、经济和社会进步,新化学物质层出不穷,促进了生产力发展,但由于缺乏对其风险性的评估或评估不合理,很多新化学物质在使用时造成了严重的安全健康事故和环境破坏事故。由于新化学物质本身的多样性、复杂性和目前科学技术局限性,还不能对新化学物质风险有全面认知,所以在获取的有限物质数据中提炼可用安全信息显得尤为重要,这便于采取有效措施控制和消除这些新化学物质所造成的损害,促进对人类安全健康和环境体系的保护。

基于上述因素,针对新化学物质风险评估,欧盟提出了REACH法规的基础性立法原则:预防原则。其内涵是:依据可靠的科学技术辨识新化学物质对人类安全、健康和生态环境可能造成的危害,并评估其发生的可能性和影响的严重程度,目的是为了便于采取有针对性的风险防范和控制措施,防止新化学物质在实验、生产、运输、储存以及使用等过程中对人体

健康和环境体系造成危害。预防性原则也是欧盟新化学物质安全管理的指导性原则。

目前,中国实施的《新化学物质环境管理办法》(部令7号)中没有明确预防原则,一些环境保护法律法规(如《环境保护法》、《环境影响评价法》)和安全生产法律法规(如《安全生产法》)虽然都规定了“预防为主”的原则,和预防原则有些相关,但这种规定是笼统的,既不明确也缺乏可操作性。

综上所述,鉴于新化学物质潜在风险的不确定性、复杂性及目前科学技术的局限性,中国需要借鉴欧盟REACH法规的立法原则,明确预防原则的基本地位。

3.3. 风险评估内容及方法比较

3.3.1. 数据采集与数据评价比较

所有风险评估都有内在的不确定性,这主要取决于输入数据的质量[10],因而一套科学数据集对新化学物质的风险评估是至关重要的。欧盟REACH法规框架下新化学物质风险评估所需数据归纳为物质的识别数据、理化数据、毒理学数据和生态毒理学数据,以及物质用途、排放和暴露信息。

为了保证风险评估结果的可靠性,需要对所采集的物质信息和数据进行评价[11]。欧盟REACH法规主要根据欧盟物质评估系统(EUSES)以及Klimisch等人开发的评分系统进行数据的有效性、可靠性、相关性和充分性评估。这些方法把数据分为4个等级:无条件可靠类(可直接用于评估)、有条件可靠类(经过权重分析后可用于评估)、不可靠类和无法归属类。另外,欧盟还建立物质信息交流论坛(SIEF),并建立下游用户数据反馈制度、供应链的上游和下游之间交流沟通制度。中国主要进行数据有效性、可靠性、相关性及充分性评价。其中有效性评价分为国内测试数据评价和国外测试数据评价,可靠性评价主要是针对数据的测试方法、测试过程等,相关性评价是指评估数据是否适用于开展危害性鉴别和风险评估,充分性评价是评估数据是否满足危害性鉴别和风险评估的需要[12]。中欧新化学物质风险评估数据采集与数据评价比较如表1所示。

从以上分析及表1可以看出:

1) 在新化学物质风险评估信息数据采集方面,欧盟所要求的数据种类更具体,需要借鉴欧盟对数据采集的全面性要求,并建立新化学物质数据信息数据库,便于数据共享。

2) 在新化学物质数据评价方面:①中国和欧盟都涵盖了数据有效性评价、可靠性评价、充分性评价和相关性评价;②欧盟采用统一的测试法规与评价标准,

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

表 1. 中欧新化学物质风险评估数据采集与数据评价比较

数据主要类别	数据评价	评价方法
欧盟 识别数据、理化数据、毒理学数据和生态毒理学数据、用途、排放和暴露信息。	①有效性评价主要是针对产生特定终点数据方法，适用于缺少正式的、普遍接受指南文件的测试或非测试方法；②可靠性评价是对生成结果、评估测试报告或标准化方法相关报告的内在质量；③数据相关性用于评价特定的危害识别或风险表征的数据和测试结果；④充分性评价是数据在危害评估中的可用性，当特定终点有一个以上结果时，采用权重的方法确定哪个结果可用于风险表征，权重最大的是最可靠和最相关的数据。	①欧盟物质评估系统 (EUSES)；②经过欧盟认证的评估系统 (如 Klimisch 等人开发的评分系统)；③专家判断法；④同行评议法；⑤良好实验室准则 (GLP)。
中国 识别数据、理化数据、毒理学数据、生态毒理学数据。	①国内测试数据有效性评价参照国内标准，国外测试数据有效性参照国外标准；②可靠性评价分为“充分可靠、有限可靠、不可靠、不确定”；③相关性评价和充分性评价主要考虑实验物种是否合适、与人类和暴露场景相关的暴露途径、杂质的描述等。	化学品测试导则 GB20576、GB20591、GB20592 等。

而中国在数据有效性评价方面采用两套标准：国内测试数据按照国内标准进行评价，国外测试数据采用国外标准进行评价，缺乏统一性；③欧盟已经开发出了新化学物质数据评估系统，如欧盟物质风险评估系统 (EUSES)，而中国目前只有相关的测试标准和评价标准，在评价模型研究与开发方面还处于空白。

综合上述新化学物质数据采集与数据评价方面的比较研究，欧盟新化学物质数据采集和数据评价值得中国借鉴的有：①建立新化学物质数据统一的评价标准，增强其可操作性和执行性；②建立中心数据库，实现信息共享，以便提高管理效率，降低标准执行成

本；③开发数据有效性、可靠性、充分性和相关性评价系统；④增强新化学物质风险性相关方之间的信息交流与反馈，如供应链的上游和下游之间，生产商、经销商与下游用户、普通消费者之间。

3.3.2. 危害效应评估比较

中国和欧盟新化学物质危害效应评估都包括危害性识别、环境危险效应评估和人类健康与安全效应评估 [13]。比较如表 2 所示。

表 2. 危害效应评估比较

危害性识别	环境危害效应评估	人类安全健康危害效应评估
欧盟 根据欧盟物质和混合物的分类法规 (CLP 法规) 对新化学物质的危害特性进行识别与分类，并判断是否属于危险品，如果该物质是危险品，参照分类标准，对其划分危险类别。	核心是预期无影响浓度 (PNEC) 的测算。PNEC 是低于该浓度时没有不利影响的浓度，是利用评估因子法和敏感度分析法等外推方法，从毒性实验终点推导而来。测试在优良实验室框架 (GLP) 下进行，保证数据可靠性。	核心是衍生无影响浓度 (DNELs) 的评估。DNELs 是可以接受的最高暴露浓度，主要通过线性方法和评估因子法推导。在测试实验中，REACH 法规非常重视动物保护，倡导非动物实验测试，并研究和开发动物实验的替代方法。
中国 ①环境危害性：明确生态毒理学效应，按照 GB 20602 等法规规定，给出新化学物质对环境的危害性分类；②人类安全健康危害性：明确毒理学效应，按照 GB 20592 等法规的规定，给出物质对人类安全健康的危害性分类。	①定性效应评估采用分级赋分的方法将定性环境危害效应分为高危害、中危害、低危害三个级别；②定量环境危害效应评估采用评估系数外推方法，对危害性识别确定的危害性数据进行外推，计算环境介质的预测环境无效应浓度 (PNEC)。	进行危害性分级，给出危害性级别和相应级别的分值，以所有效应指标中最高危害级别表征危害效应。参照分级标准，将安全健康危害性分为极高危害、高危害、中危害和低危害四个级别。

以上分别从危害性识别、环境危害效应评估、人类安全健康危害效应评估三方面对中国和欧盟新化学物质危害效应评估进行了比较分析，可以得出中国需要借鉴欧盟先进和成功之处有：①欧盟在进行新化学物质危害效应评估时，其测试数据均要求在优良实验

室框架 (GLP) 下进行，中国需要加快新化学物质测试实验室 GLP 认证，保障新化学物质测试数据的准确性和科学性；②中国需要借鉴欧盟测试实验理念，研究和开发动物实验替代方法。

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

3.3.3. 暴露评估比较

暴露评估目的是确定物质的基本信息、描述物质的使用过程、操作条件和管理措施等，用于环境排放量的计算和暴露浓度预测[14]。欧盟新化学物质暴露评估

包括两部分：建立暴露场景和暴露估算，欧盟非常重视新化学物质整个生命周期的各个阶段暴露场景的建立。中国新化学物质暴露评估分为三个方面：定性环境暴露评估、定量环境暴露评估和安全健康暴露评估。中欧新化学物质暴露评估比较如表3所示。

表 3. 暴露评估比较

	主要内容	解释
欧盟	建立初始暴露场景	根据物质危害效应评估数据和信息，针对物质整个生命周期可能存在暴露情况，考虑所采用的风险控制措施（RMMs）和操作条件（OCs），建立各个阶段的初始暴露场景。
	暴露估算和建立最终暴露场景	为了优化评估步骤，欧盟利用现代先进的计算机技术，在 REACH 法规框架下，开发了计算暴露量的系统和模型，如：欧盟物质评估系统（EUSES），欧洲化学品生态毒理学和毒理学中心（ECE-TOC）开发的定向风险评估模型（TRA）等。
中国	定性环境暴露评估	主要包括新化学物质的数量、释放到环境中的潜在可能性和释放到环境中的残留时间。以环境半衰期表征释放到环境中的残留时间，对于可以降解的物质通过生物降解实验获得环境半衰期，对于不可降解的物质可采用非生物降解（如水解或光解等）获得。
	定量环境暴露评估	新化学物质对周边局部环境的暴露，包括建立暴露场景、预测新化学物质对目标环境介质暴露的局部环境浓度、评估监测数据和确定环境暴露浓度。
	安全健康暴露评估	主要考虑公众暴露、一般作业场所职业暴露，包括确定暴露评估因子、评估因子分级和人体暴露分级。

从以上分析看出中国新化学物质暴露评估考虑了定性和定量两个方面，但是通过比较得出中国需要借鉴欧盟以下两个方面：①建立暴露场景时充分考虑物质的整个生命周期，如生产、配置、加工、包装、运输、储存等；②为了更好的推进新化学物质的风险评估工作，利用计算机技术和软件技术开发现行法规框

架下的暴露评估模拟和计算工具。

3.3.4. 风险表征比较

风险表征是根据新化学物质实际或预期的暴露对人类或环境造成不利影响的概率和严重程度的估算。中国和欧盟新化学物质风险表征比较如表4所示[15]。

表 4. 中欧新化学物质风险表征比较

	表征方法	表征结论
欧盟	可以量化风险	①RCR>1：风险未得到有效控制，存在不可接受的风险，需要重新进行暴露评估，修改 OCs 和 RMMs，降低暴露量直至 RCR<1；②如果经过反复修改，RCR 值仍大于 1，需要对 PNEC、DNEL 行再评估，重新修正；③如果最后的结果显示风险仍然得不到有效控制，建议禁止。
	不可量化风险	如果风险不可接受，修改现有 OCs 和 RMMs，若反复修改以后风险还未降低到可接受范围，建议禁止。
中国	定性环境风险表征	①高风险：对风险控制措施进行评估，若风险无法降低，增加风险控制措施或获取更多的危害性信息重新进行风险评估；②中风险：应评估风险控制措施的适当性；③低风险：受理评估报告。
	定量环境风险表征	①RRCR≤1，新化学物质的风险可控，其环境风险可以接受；②RRCR<1，则应通过提供进一步危害性及暴露信息或采取更为严格的风险控制措施对 PNEC 和 PEC 值重新进行修正。
	安全健康风险表征	①极高风险：特别关注物质；②高风险：对风险控制措施进行评估，若风险无法降低，就要增加风险控制措施或获取更多的危害性信息重新进行风险评估；③中风险：评估风险控制措施的适当性；④低风险：受理评估报告。

按照目前对新化学物质的认知水平, 定性或定量影响都很难精确化, 从以上有关风险表征的比较分析可以看出: ①欧盟和中国目前都是通过简化的方式评古风险, 提供一个相对风险排名以有利于比较单个化学物质或某类化学物质, 从而可以在风险管理阶段选安全的工艺或者风险更低的化学物质来代替危险工艺或危险物质; ②在风险表征方面都采用定性定量相合的方法, 欧盟在新化学物质的每个暴露场景都进行风险表征, 根据表征结果, 完善每个暴露场景中的风险管理措施; ③根据表征结论, 如风险不可控时, 中国和欧盟都考虑了采取风险控制措施, 但是欧盟强调评估过程的反复进行, 直到化学物质风险表征结果表明风险已被充分控制。

1. 结论

本文采用比较安全学的研究范式, 对中欧新化学物质风险评估体系进行比较研究, 研究结果可完善中国新化学物质风险评估体系:

1) 对两体系主管机构及主要法律法规发展变革比较得出: 中国新化学物质的风险评估起步较晚, 发展相对滞后于欧盟; 两体系主管机构都发生了升级变化; 两体系新化学物质风险评估原理和目的相似, 但中国具体的评估技术与欧盟差距较大。

2) 对两体系风险评估理念比较得出: 中国需要借鉴欧盟 REACH 法规的立法原则, 明确预防原则的基本指导地位。

3) 对两体系数据采集与数据评价、危害效应评估、暴露评估和风险表征比较得出中国需要借鉴欧盟的经验有: ①建立新化学物质数据统一的评价标准, 建立中心数据库, 开发数据评价系统, 增强新化学物质风险性相关方之间的信息交流; ②加快新化学物质测试实验室 (GLP) 认证, 研究和开发动物实验替代方法; ③开发暴露评估计算工具; ④对每个暴露场景都进行风险表征, 注重风险控制措施的反馈性。

Acknowledgements

This study is supported by the Key Project of National Natural Science Foundation of China (no. 51534008) and Fundamental Research Funds for the Central Universities of Central South University (no. 2016zzts099 and 2016zzts458).

致谢

本研究得到了国家自然科学基金重点项目(51534008)

和中南大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(2016zzts099; 2016zzts458)的资助。

参考文献

- [1] C.J.van Leeuwen, T.G.Vermeire. Risk assessment of chemicals an introduction. 2nd ed. Dordrecht Springer, 2007:1-119.
- [2] 闫涛. 欧盟法规研究及对中国的借鉴. 南开大学南京, 2012 年.
- [3] 陈计超, 周北海, 聂磊磊. 国外新化学物质申报登记制度对我国的启示. 现代化工, 27(4), 7-10 2007.
- [4] 周红, 菅小东, 聂磊磊, 等. 新化学物质环境管理技术规范体系的构建. 环境科学研究, 23(3) 272-275, 2010.
- [5] 陈军, 石燕燕, 李运才. 全球产品策略与其他化学品风险评估. 中国安全科学学报, 22(3) 140-144, 2012.
- [6] 曹莹莹, 吴超. 比较安全学的方法论研究. 中国安全科学学报, 25(3): 3-9, 2013.
- [7] 吴超, 易灿南, 曹莹莹. 比较安全学. 中国劳动保障出版社, 北京, 2014 年.
- [8] 易灿南, 吴超, 胡鸿, 等. 比较安全学的创建与研究[J]. 中国安全科学学报, 23(11):3-6, 2013.
- [9] Nikolaos P. Ventikos, Alexandros Koimtzoglou Konstantinos Louzis. Shipwreck: A crisis with challenging solutions. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 4(3): 160-174, 2014.
- [10] 邢志祥, 王云慧, 杨扣华, 等. 化学流程工业多米诺效应风险评估的研究进展. 中国安全科学学报 24(10): 144-146, 2014.
- [11] 陈军, 王磊, 李运才, 等. 欧盟化学品风险评估技术及其在我国的实施. 中国安全生产科学技术 6(4): 71-74, 2010.
- [12] Inger Lise Johansen, Marvin Rausand. Ambiguity in risk assessment. *Safety Science*, 80(7): 243-251 2015.
- [13] Francesca Eleuteri, Lisa S. Arduino. Individual community and societal effects of the global financial crisis: a bioecological model. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 4(4): 203-213 2014.
- [14] Roy Brouwer, Jonathan Cauchi, Julia Verhoeven. Regulatory decision-making under uncertainty: Are costs proportionate to benefits when restricting dangerous chemicals on European markets. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 68(2) 439-450, 2014.
- [15] Robert Emery. A mechanism for providing institutional assurance for the safe handling of acutely toxic or physically dangerous chemicals in research laboratories. *Journal of Chemical Health & Safety*, 20(1): 18-22, 2013.