

基于机器学习的医院应急药品库存管理优化

李一鸣 刘波

(沈阳工业大学化工装备学院, 辽宁 辽阳 111003)

摘要 随着全球进入重大公共突发事件高发期,我国应急救援的各方面能力都面对着空前的考验,其中较为严峻的问题是应急药品的储备及流通存在着供应不足、周转速度过慢或药品囤积时间过长导致过期等情况,由于其在应急物资中占据着非常重要的战略地位,改善应急药品的储备现状迫在眉睫,本文针对医院的应急药品储备问题,基于机器学习算法构建需求预测模型,调整优化医院内部的应急药品库存管理方案,以期为提高医院应急救援能力和市场竞争力提供有益参考。

关键词 应急药品 库存管理 机器学习 需求预测

中图分类号: R95

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0090-03

1 研究背景

近年来,全球进入重大共同突发事件高发期,应急药品作为应急物资中最重要战略储备,在救援受灾人群以及防控灾难疾病方面等起着重要的作用。我国直到2005年才初步建立应急药品管理体系,国务院通过了《国家突发公共事件总体预案》,并成立应急管理办公室。我国目前的应急药品储备体系中主要存在的两个问题:一是我国基本完全由国有医药企业担负应急药品储备重任,但由于整体环境及市场形势等原因,国有医药企业逐渐出现经营困难、能力不足的问题,导致其无法有效履行职能;二是我国应急药品的储备模式固定且单一,大量同类药品长期储存在库房中,不进行市场流通,承担着成本升高及药品质量下降的双重风险。同时,医院并没有将应急药品作为独立的一项进行管理,这提高了突发事件来临时供应不足的风险,同时增加了日常的库存成本。如何优化应急药品的库存管理已经吸引众多关注,在人工智能已逐渐成为大势所趋的情况下,本文将利用机器学习尝试构建关于医院日常的应急药品需求预测模型,同时结合其他单一预测模型,优化医院应急药品的库存管理。

2 医院应急药品库存管理国内研究现状

2003年突如其来的“非典”引起了各方的高度关注,我国于同年颁布了《突发公共卫生事件应急条例》,标志着公共卫生突发事件纳入法制化管理。虽然自2008年四川汶川地震至今,我国在灾害救援方面的组织能力已经有了显著提高,但救援应急药物却总是出现用时短缺的现象,应急药品的库存管理也存在着诸

多,如流通不畅导致库存积压、最低库存量无法维持应急需要、周转天数不固定、库存成本增加等。在医院内部,应急药品的管理目标是首先要保证在国家面临灾情或疫情时可以及时按量提供,在此基础上,应急药品也要尽量在市场上流通以保证库存的及时更新,同时减少库存成本^[1]。熊潇磊等人在2017年提出将应急药品尝试嵌入入现行的基本药品的储备和供应模式中,这样在突发事件出现时,可以加快药品的供应模式从日常到应急的转换,提高应急供应的时效性,同时降低成本,另外,逐渐加深应急药品的日常嵌入程度,可以保证受灾人群享有稳定的医疗救援周期^[2]。这种方式可以使医院内部的应急药品的日常管理更加规范化,应急药品与基本药品的嵌合可以有效减少应急供应体系在发现重大突发事件后的反应时间和救援准备时间。目前国内的应急药品储备现状为:政府指定大中型药企进行指定药物种类并进行长期储存,意味着一旦出现紧急突发事件,应急药品需要由各大储药企业进行自行配送或统一调配,而由于国内现在无统一明确的应急药品储备目录,在调配过程中极有可能出现由于药品种类重合或短缺的情况,这加重了时间成本与经济成本的双重流失。药企长期储备应急药品的现状在一定程度上导致了医院并没有实际承担应急药品的储备与供应的责任。

目前,国外一些国家已建立了较为成熟的应急物资供应储备体系,其中美国的发展成果比较突出且可作为我国学习和借鉴的对象。在“9·11”事件、“炭疽事件”等重大突发事件发生后,一些欧美国家开始着重构建药品应急管理体系,通过不断地吸取教训,总

总结经验,逐步提高了国家应对突然灾害和处理突发公共卫生危机的能力。在美国,几乎每个医疗机构都有针对突发事件的药品应急预案,且为保证国家应急救援可以迅速有效,各医疗机构的药学部应急预案已纳入国家应急预案体系,同时为缓解国家应急预案体系承担的救援压力,将预案体系中应急药品储备与供应纳入国家应急药品储备战略体系,两个不同体系的管理相当于为应急药品的储备与供应提供了双重保障。

国内很多学者认为医院需要建立自己的应急药品储备系统,这其中涉及应急药品的库存管理,优化库存管理可以从两个方面入手:一是合理确定应急药品的储备数量,这对提高应急反应速度和资金使用效率非常重要;二是改良应急药品的储备形式及投放安排,进一步提高应急效率^[5]。目前对于应急药品的种类较为固定,储存周期多且不确定储存时长,出库入库的时间与数量基本随机等特点,可以先构建单品种多周期或多品种短周期的库存模型,进行比较后,选择更贴合实际的模型,再由点及面找到最佳的经济优化方案,其中主要内容是在考虑初期的库存水平的基础上,同时库存水平要考虑始终处于满足突发事件应急药品供应量以上,在找出既保证储备量又可以充分周转的订货时机时,确定此时的库存量临界点,并以此确定该周期内的最佳订货量。确定医院内应急药品实际需求数量和预测应急药品储备需求量是本文研究的关键,在已有的相关文献中,基于机器学习的此方面研究较少,但有关机器学习的理论及应用较为丰富,本文将利用机器学习确定应急药品实际需求数量和应急药品储备需求量。

3 机器学习及其应用国内外研究现状

为了有效降低库存管理中涉及的各种成本,提前进行需求预测是其过程中十分关键的一个环节,需求作为整个周转链条的基础动因,影响着每个步骤,提前模拟出需求随时间的变化的情况,可以更细致准确地控制对应环节的部署,而通过明确需求的影响因素及其可能出现的结果有利于提高预测的有效性和准确性,达到库存管理的优化和供应链辅助决策的目的。随着科技的不断发展,大数据逐步渗透到各行各业并日趋丰富的背景下,机器学习相关的需求预测方法逐渐成为研究的主要热点。通过机器学习算法构建的需求预测模型能够确定并模拟历史数据规律,从而准确预测实际需求来削弱库存的不确定性和采购的盲目性,提高医院对于突发需求变化的应对速度,降低因需求信息不明带来的供应不足风险或囤积风险^[4]。目前研究

的较为广泛的机器学习算法主要有:k近邻、决策树、支持向量机、随机森林、神经网络等,k近邻算法作为在机器学习算法中较为基础的技术,已经广泛地应用于众多领域的相关研究中,该算法根据局部数据建立模型,再利用实际数据训练模型,进行学习。由于k近邻算法的结构限制,当训练数据和测试数据之间的度量距离较小或者具有相似性时,模型的准确性较高,同时还要参照训练数据并利用分类函数对需要测试的数据进行分类预测,其过程较为复杂。决策树的结构状似一棵倒树,主要由根节点、内节点、叶节点和边组成。根节点是最上层的结点,叶节点是得出对应判断结论的节点,内部节点用于区分其他节点。决策树算法的计算规模基本上不大,无论数据量的规模大小,模型都可以较快地完成构建,该算法相较于其他算法在应对噪声数据时的鲁棒性方面,具有较为明显的优势。支持向量机的原理是利用对偶拉格朗日函数推导出全局最优解,因此其模型具有扎实严谨的统计理论基础,但在模型运行后得出的结果中,可能会由于凸优化问题得到局部而非整体的最优值,从而导致结果的误差较大,预测的有效性较差。随机森林是个组合模型,是由决策树组合而成,由于模型中的树与树之间是独立的,所以随机森林既可以处理连续变量,也可以处理离散变量。随机森林在处理拥有多种分类情况的问题方面具有很好的效果,其建模和测试的效率都很快高,准确性也能够保持在很高的水准,同时可以处理很多变量的数据,但训练所需要的数据规模较大。神经网络模型在20世纪80年代中期开始建立,其依据的原始主体是人类大脑的神经系统,其中包含了许多并行进行的计算和根据对应规律层次完成排列组合的简单功能单元,因此具有很强的自组织、自适应和容错能力等特征,其主要优势体现在处理非线性问题上。到了20世纪90年代初,许多研究人员开始尝试将神经网络融入需求预测中,自Bernhard E. Bose和Bladimir N.Vapnik二人改进的SVM(支持向量机)应用于需求预测以来,关于需求预测的各方面的研究内容逐渐细化,研究深度持续延伸,研究方向愈加丰富,不再只利用单一模型完成预测,而是发展为单一与组合模型联合作^[5]。常晓花等人在2018年建立了一种基于Adaboost方法的随机森林需求预测模型,利用了240组医疗器械的需求数据进行训练,该研究通过改进Adaboost方法并结合随机森林算法,同时在算法的有效性和预测精度方面完成了一定程度的提升^[6]。宫剑等人在2014年,通过三种具有较为明显的互补特征的神经

网络预测方法(BP神经网络、RBF神经网络、广义回归神经网络),考虑了药品需求的历史数据在较短时间内波动较大的情况,利用神经网络在其主要测试方面的优势,建立了药品需求组合预测模型,通过该模型进行预测后,可以较为精准的模拟出药品在一段时间内的需求波动情况^[7]。Vhatkar 等人在2016年为了提升口腔保健药品的供需对应精度,构建了相关的需求预测模型,由于口腔保健药品的参考因素较多,所以选取了具有误差小、正确率高的特点的反向传播神经网络进行模型的构建,该模型通过多种因素验证预测的有效性和精确度^[8]。目前国内外学者主要研究并应用到各方面的单一的预测模型有:马尔科夫预测模型、灰色预测模型、支持向量回归机预测模型、神经网络预测模型等,而组合预测模型有:主成分分析与BP神经网络融合模型、LM算法和BP网络模型结合的预测模型、共轭梯度与BP神经网络相结合的预测模型等。相对于单一预测模型,组合模预测模型几乎囊括了大部分单一预测模型的主要优势,因此其预测结果更全面、更系统、更科学。

4 医院应急药品库存管理优化研究

本文以某医院为调查对象,着重研究应急药品在院内的储备和流通过程,通过使用HIS管理系统,了解医院药库中应急药品的日常管理操作及相关的数据库结构并从中提取所需数据。数据主要包括:应急药品名称、库存量、库存金额、销售量、销售金额、缺货次数、缺货量、订购次数、单次订购数量等,应用到各指标的公式如下:

库存周转率 = (月销售金额 / 平均库存金额) * 100%

库存周转天数 = 总天数 / 库存周转率

滞销率 = (滞销品库存金额 / 总金额) * 100%

缺货率 = (缺货次数 / 总订购次数) * 100%

具体采集数据涉及的应急药品种类以应急药品目录清单为范围,本文通过相关文献整理,参考以往出现应急突发事件时,使用的较为普遍且大量消耗的药品,统计种类并进行分类,逐一列表后结合实地调研,得出一份应急药品目录,为保证该目录具有应用的普遍性,其中所列应急药品应与多类突发事件均有较大相关性。研究中主要涉及的应急药品的最低储备量,即应急药品供应标准结合当地政策及文献提供的历史数据后确定。完成数据采集及整理后,根据已有历史数据中某一季度的信息,再选取多个单项预测模型,进行下一季度的单项预测,例如:预测季度应急药品销售量、预测季度应急药品缺货量等,将单项预测结

果与实际历史数据进行对比,计算预测误差,再根据已有数据特征和误差分析选取两个模型,构建组合预测模型,调整权重后再进行与之前相同的单项预测,得出相对误差后进行组合预测和变权处理,同时为了提高模型的预测精度,再引入预测有效度进行综合评价,预测有效度越大,则预测精度越高,最后将预测结果与实际数据进行比照来确定模型的有效性及其稳定性,确定模型预测有效且稳定后,根据预测结果调整应急药品的库存管理的各项指标,提出优化后库存管理模式,在保证应急药品储备充足的基础上降低库存成本,并高效地进行市场流通。

通过对我国目前医院应急药品库存管理研究现状的分析,结合基于机器学习的预测模型的学习与应用,在基本确定有代表性的应急药品种类后,将机器学习应用到此研究中,以保证应急储备和降低成本为总目标,构建多种应急药品季度需求预测模型,运用具体实例进行预测结果检验,获得更符合市场预期及医院应急反应能力要求的库存储备及周转的条件,优化后的结果提高了医院面对突发事件的应变能力和市场竞争力,有助于加速我国应急药品储备管理体系的发展。

参考文献:

- [1] 刘荣,董平.我中心药剂科应急药品管理模式的探索与实践[J].中国药房,2013,23(17):1591-1592.
- [2] 熊潇磊,陈昕,龚时薇.应急药品与基本药物及医疗保险药品的储备和供应嵌合模式探讨[J].中国医院药学杂志,2017,37(12):1119-1123.
- [3] 李江宁.超大型城市应急药品储备设施选址方法及应用[D].北京:北京交通大学,2021.
- [4] 叶雷.机器学习算法在医疗分析数据中的应用[D].武汉:华中师范大学,2017.
- [5] Kazem Ahmad, Sharifi Ebrahim, Hussain Farookh Khadeer, etc. Support vector regression with chaos-based firefly algorithm for stock market price forecasting[J]. Applied Soft Computing,2013,13(02):947-958.
- [6] 常晓花,熊翱.基于Adaboost的随机森林算法在医疗销售预测中的应用[J].计算机系统应用,2018(27):202-206.
- [7] 宫剑,李洁玲.基于神经网络的药品需求组合预测研究与应用[J].中国管理信息化,2014,17(08):84-88.
- [8] Zhai G.,Chai G.,Zhang H..Study on the medical meteorological forecast of the number of hypertension inpatient based on SVR[J].IOP Conference Series:Earth and Environmental Science,2017(69):12-59.