

东北财经大学本科毕业论文

基于仿真的大连市中考指标到校分配方案研究

作 者	沈雨钦
学 院	管理科学与工程学院
专 业	管理科学（大数据商务 分析创新实验班）
年 级	2017
学 号	2017211803
指导教师	朱晗
答辩日期	2021.05.12
成 绩	

摘要

教育是民族振兴的基石，我国一直致力于推进义务教育公平均衡发展。近年来，中考招生政策中将高中招生名额分配到区域内各个初中的“指标到校”政策在全国范围内广泛实施，这一政策意在促进教育资源优化配置、缓解初中择校热、追求教育公平的实现、促进新课程改革顺利实施、规范普通高中招生秩序及加快薄弱学校建设。

本文以“指标到校”政策在大连市内五区的具体执行情况为例，分析大连市“指标到校”政策执行现状，依据现行政策建立数学仿真模型，使用 python 代码模拟仿真 2020 年大连市各初中省级示范高中指标到校分配结果，并以沙河口区数据为例，探究现行政策下名额分配是否能真正做到教育普惠，以及在指标名额分配过程中出现的问题。

对实验结果进行统计分析，我们发现：（1）指标到校名额总数多的初中（如格致和 79 中），分配到三甲高中（24 中、育明、8 中）和五甲高中（三甲高中及 1 中、辽附）的指标占比更高，这种结果主要是由算法本身设计机理所决定；（2）在现行指标政策分配算法下，指标到校名额总数较少的初中，分到的高中指标数量是相对稳定的，而指标到校名额总数较多的初中，分到的高中指标数有较大的波动性。

关键词：教育资源配置 教育均衡发展 指标到校

ABSTRACT

Education is the cornerstone of national rejuvenation, and China has committed to promoting the fair and balanced development of compulsory education. In recent years, the quota-allocated-to-school policy has been widely implemented throughout the country when allocating high school enrollment places to various junior high schools. This policy is intended to promote the optimal allocation of education resources, to alleviate the school-choosing craze in junior high school, to pursue the realization of educational equity, to promote the smooth implementation of the new curriculum reform, to standardize the general high school enrollment order, and to accelerate the construction of the weak schools.

This paper takes the specific implementation of the quota-allocated-to-school policy in Dalian as an example, analyzes current situation of the implementation of this policy in Dalian, establishes a mathematical simulation model according to the current policy, uses python code model to simulate the results of the allocation of provincial demonstration high schools quotas to junior school in Dalian City in 2020, and take the data of Shahekou District as an example to explore whether the allocation under the current policy can truly achieve inclusive education, as well as problems in the process of allocating quotas.

The results show that: (1)the proportions of quotas from top three high schools (NO.24 Middle School, Yuming Middle School and NO.8 Middle School) and top five high schools (the top three, NO.1 Middle School and The Middle School associated with Liaoning Normal University), are significantly higher in junior schools with a large number of students (such as Gezhi Middle school and NO.79 Middle School) than those with a small number. The result is mainly determined by the mechanism of the algorithm itself. Under the current allocation algorithm, the number of high school quotas assigned to junior schools with a small total number of school places is relatively stable. However, for junior schools with a larger total number of quota places, the number of high school quotas assigned to them has a larger volatility.

Key words: Allocation of educational resources Balanced development of education

Quota-allocated-to-school

目 录

一、绪论.....	1
(一) 研究背景.....	1
(二) 研究意义.....	2
(三) 内容结构.....	2
二、文献综述.....	5
(一) 教育资源配置.....	5
(二) 教育政策评估.....	5
(三) “指标到校”政策执行.....	7
三、仿真模型建立.....	8
(一) 数学问题.....	8
(二) 确定各区各初中以及各高中到区的指标生名额总数.....	9
(三) 算法分配过程.....	10
四、仿真结果分析.....	16
(一) 大连市数据介绍.....	16
(二) 单次仿真：沙河口区 2020 年各初中省级示范高中指标到校名额分配复现.....	19
(三) 多次仿真平均结果统计.....	24
五、总结与建议.....	34
(一) 结论.....	34
(二) 对策.....	35
(三) 不足与展望.....	35
附 录 A.....	33
主要参考文献.....	36
后 记.....	38

基于仿真的大连市中考指标到校分配方案研究

一、绪论

(一) 研究背景

自 1999 年起，为了全面、深入地解决我国基础教育领域中普遍存在的中小学择校热，升学录取唯分数论，教育资源校际差距明显等众多问题，教育部先后多次出台有关教育的文件，对初高中阶段学校考试招生制度的改革提出指导意见。

2002 年 12 月，我国教育部印发了《教育部关于积极推进中小学评价与考试制度改革的通知》，在“中小学升学考试与招生制度的改革”中明确提出“积极探索建立招生分配名额制度”。2004 年 4 月，教育部在“普通高中招生录取”中指出“各地应依据本地区实际情况，积极探索、试行优质高中部分招生名额分配、优秀初中毕业生推荐等多样化的高中招生办法，以促进义务教育阶段的学校均衡发展”。2016 年国家明确指出：“实行优质普通高中和优质中等职业学校招生名额合理分配到区域内初中的办法，招生名额适当向农村初中倾斜，促进义务教育均衡发展”，即“指标到校”政策。

“指标到校”是指将示范性重点高中或者初中的部分招生指标名额下达到具体的生源学校的招生政策。国家推行“指标到校”政策的背景是择校乱收费现象的流行，这一政策的初衷是为每个初中的优质学生都提供能够进入重点高中的机会，逐步解决择校热问题，引导各级初中均衡配置教学资源。

“指标到校”作为中考招生录取政策改革的重点实施内容，正在全国范围内“因地制宜”实施。追溯到 1988 年，辽宁省营口区实行将高中招生名额按照学校综合教育质量的比例(30%)分配到辖内的初中学校，“指标到校”政策由此形成雏形。2003 年以来，辽宁、安徽、河北、四川等地区逐步探索“指标到校”政策的实施细节性方案，并逐渐加大执行力度。直到 2010 年，越来越多的地区相关部门发布这一政策实施的具体方案，力图均衡教育资源，促进教育公平。同年，山西省将指标到校名额分配比例由原来的 30%提高至 50%。广州市自 2013 年公布“指标到校”政策实施方案后，便备受社会各界关注，2016 年相关部门确定政策实施的指标比例为 30%。上海市 2007 年提出“指标到校”政策名额分配比例为 15%，并计划到 2020 年“指标到校”招生比例不少于 60%。2021 年 3 月，上海市教委公布了《上海市高中阶段学校招生录取改革实施办法》，就自主招生、名额分配、综合评价录取等方面的细化内容和具体要求，与改革前相比，名额分配比例扩大至 65%。另一全国中心城市—北京，主要实行“校

额到校”政策，招生指标名额的分配是不跨区的。

2015 年，大连市放弃了以往的效率优先（即分数优先）的规则，取消了择校招生，确立重点高中指标名额分配到校招生原则。市教育局提出：不论学区，不论外籍择校，将 30% 的名额用于全市统一招生，一视同仁地分配给各校的优秀学生以及没有指标的择校生和外籍生；70% 的名额按区分配，适用“公平原则”。

综上所述，“指标到校”实现教育均衡发展已是国家的既定政策，本文主要研究以下几个问题：大连市现行中考招生政策下指标名额的“电脑派位”算法的仿真模拟；现行政策下指标到校方案是否真正做到了教育资源普惠；随机生成的学校序列对分配结果的影响，随机分配结果的鲁棒性，同时分析该方案实施过程中存在的问题。

（二）研究意义

义务教育发展的水平和质量关系着国家青少年儿童的健康成长，决定着国家繁荣和民族昌盛的发展进程。在优质教育资源有限的情况下，传统的高分录取招生政策在实施的过程中逐渐暴露出不足和缺陷，“指标到校”逐渐成为引导中国基础教育走向更加均衡的重要机制。

“指标到校”政策下，省市属示范性高中可以向全市初中分配指标。也就是说，无论是重点初中还是普通初中，都有机会获得重点高中的学位指标，专家称，这一举措是教育迈向均衡走出的一大步。目前，这一政策已经在全国各地的高中招生中被广泛应用，并解决了一些问题，比如促进薄弱学校建设、促进义务教育均衡发展、缓解中小学“择校热”、一定程度缓解炒房热的情况等，具有很大的现实意义。

对于高中招生内容的重要部分——指标到校，相关的新闻报道和理论研究比较多，而对于具体分配方案的实施过程研究几乎没有。因此，本文通过复现大连市现行政策下指标到校名额分配的具体过程，统计分析指标名额分配结果，探讨实际分配过程的有效性以及需要改进的方面，为进一步完善“指标到校”政策提供对策建议，发挥中考招生考试政策的导向作用，引导家长们理性地对待择校热以及补习热，缓解择校冲动，促进教育公平，不断提高义务教育优质均衡发展水平。

本文的独特之处在于：1. 针对的是大连市实际民生问题；2. 采用建模仿真的方法研究“指标到校”政策；3. 数据全部来源于大连市最新的真实数据，结论可靠。

（三）内容结构

本文的主要研究内容是大连市现行政策下的中考招生指标分配方案具体实施情况。文章通过建立数学模型模拟仿真 2020 年大连市指标到校名额的“电脑派位”过程，并且以 python 代码模拟各区指标分配结果，通过仿真多种随机高中顺序下的指标分配结果，探索现行政策下教育资源分配的有效性、公平性、鲁棒性以及分配方案中存在的问题，并且提出合理对策。

文章内容结构展示见图 1。

第一章，绪论。主要介绍本文的研究背景以及研究意义。

第二章，文献综述。与本文研究内容相关的方向包括教育资源配置问题、教育政策评估、“指标到校”政策执行的现状研究。

第三章，仿真模型建立。运用数学模型仿真现行政策下大连市中考指标到校名额分配过程。

第四章，仿真结果分析。以 2020 年大连市沙河口区数据为例，以第三章的数学模型为基础，完成指标名额分配的单次仿真并分析分配结果发现问题。再利用 python 代码对多种随机生成的学校序列完成多次仿真，统计结果并分析问题原因。

第五章，总结与建议。总结本文得出的研究结论与局限之处，并针对“指标到校”政策的不足提出改革意见，同时对未来研究方向提出新的展望。

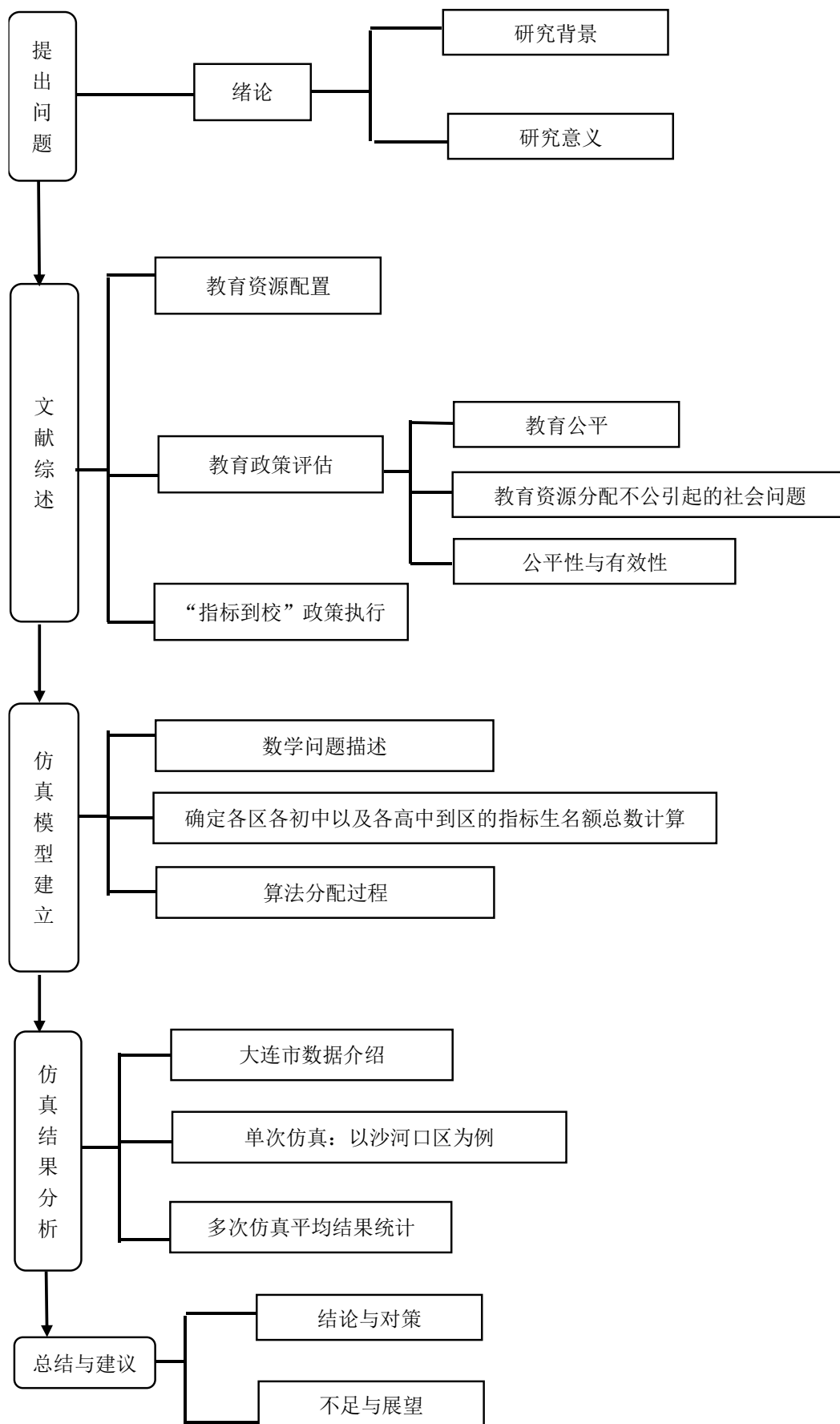


图 1 文章内容结构图

二、文献综述

本文与以下几类文献研究内容相关：教育资源配置，教育政策评估，“指标到校”政策执行。

（一）教育资源配置

不同的教育体制下，教育资源的配置模式也各有不同。胡仁东（2006）指出，我国高等教育资源配置的传统模式是单一的权力配置模式，发展的过程中，市场的介入既增强了高等教育资源供给能力又促进了资源的有效利用。陶美重和曹忠正（2010）通过比较分析我国高等教育资源配置不同发展阶段的内容，指出了市场逐渐成为调节高等教育资源配置方式转变的根本动力，根据其自身发展规律，由传统的“基数加发展”方式向“综合定额加专项补助”的方式转变是我国高等教育资源配置方式发展的主要内容。何占磊（2013）以需求理论为切入点，从硬件配置和软件配置两个角度总结出一种有效合理的教育资源配置模式——“一三九”模型。

争夺教育资源带来的一系列社会问题需要我们去研究如何公平有效地分配教育资源。黄钰（2011）提出了在选择策略中添加模糊规则从而更新信息素这一创新点，将模糊理论与 PSO 寻优相结合，实现教育资源分配优化。杨公安（2014）在相关研究中提出以农村城市化、教育信息化，以督学方式促进乡村义务教育的均衡发展。洪梦茹（2018）通过量化硬件设施、师资力量以及经费等资源，采用网络包络分析法构建了评价教育资源分配的模型，为哈尔滨郊县的义务教育资源配置提出合理方案以及保障措施。张颖（2018）基于广西南宁市上林县 2001-2017 年义务教育资源配置数据，使用 BP 神经网络对其进行义务教育均衡发展等级测评，结果显示新的测算方法能够有效减少主观影响，具有较强的泛化性。本篇文章研究“指标到校”政策实施过程中，大连市义务教育阶段教育资源—升学指标的分配方法以及具体分配过程。

（二）教育政策评估

1. 教育公平

公平性是资源分配合理性度的重要指标，也是共享资源系统资源分配过程中需要解决的重要问题。古希腊哲学家柏拉图认为教育公平是维护国家统一以及实现国家主权稳定的有效手段。石中英（2008）阐述教育公平是政府在社会中应当坚持的应有原则和相应比例关系。褚宏启（2006）提出在教育资源配置中，教育公平应该包含三种合理性原则，即平等原则、差异原则和补偿原则。刘欣（2009）立足于我国教育公平的发展现状，分析并且解释了制约和影响我国教育公平的政策性因素，提出了要通过国家法律法规的有效保障实现教育

公平，初步构建起我国基础教育政策的公平机制。孙巧卓（2016）认为政府必须提高教育经济投入，扩充均衡发展研究范畴，进一步制定和落实均等化政策，以此实现义务教育有效均衡发展。梁好（2018）认为义务教育均衡发展不是干涉已经在高处的优质学校进行削峰填谷，而应该将目光和资源投向底部，考虑全局，以此实现区域教育的优质发展。王少峰（2014）通过文献理论研究，提出义务教育公平的最终追求应该是在教育起点公平的基础上通过教育过程公平最终实现教育结果公平。赵冬冬（2020）提出实现公平而有质量的基础教育需要政府、学校和老师立足单主体优势进行多主体协同。美国詹克斯提出教育不公是由于公共教育制度中，政府对教育的过度计划，提出实施补偿性“教育券”，使低收入家庭的孩子能够更加公平地获得受教育机会。本文所研究的大连市“指标到校”政策的实施，能够为每所初中都提供获得重点高中学位指标的机会，有效地促进了教育公平的实现。

2. 教育资源分配不公引起的社会问题

随着经济社会的发展，中小学教育资源分配不均的现状逐渐进入大家的视野，导致了人们为了消除教育资源分配不均带来的不利影响做出相应的决策的同时，也引出了一系列社会问题。徐丰华（2011）从宏观视角指出了当前教育资源配置和利用不合理的现象比较突出。李兵（2020）通过分析广东中小学教育资源分配现状，提出一系列社会问题背后深层次的矛盾大多是由于中小学教育资源的分配不均。侯耀先（2016）通过研究宝鸡地区“择校热”的现状，提出这种社会现象不仅危害学生的身心健康发展，加剧学校间的差距，同时也会导致教育不公平问题逐渐恶化。2017年，郑磊基于特征价格模型研究发现北京市楼盘周边拥有较好口碑的小学与对口楼盘的价格具有显著的正相关关系。李明桥（2019）通过分析各省市教育发展水平和机会公平性，发现教育发展水平较高的地区存在着严重的教育机会不公平现状。

3. 公平性与有效性

均衡配置教育资源只是教育公平的表现形式和手段，更为重要的是同时兼顾效率和公平。新时代义务教育发展的新目标和任务就是通过保证教育资源均衡配置来满足社会各方面的需要。多数学者关于教育资源配置的研究更关注资源分配的效率和质量两个方面。2007年，张绘通过比较普通学校与优质学校在教育经费支出与收入、办学条件等方面存在的差异，结合教育资源公平分配的五大原则，提出了推进义务教育公平政策制订的参考建议。冷德俊（2013）以制度分析的方法对高等教育的规则、结构、质量等方面进行分析，使教育资源的均衡配置的公平性实现更具可操作性。Mahoney 和 Bradley（2015）创新设计了高等教育机构资源配置的公平理论框架，把研究成果的质量、外部研究的经费、教学质量、对学生的影响因子以及服务质量五个维度纳入公平理论框架，提高评估高等教育资源分布和影响的有效性。张芬（2013）应用数据包络分析法对我国中部区域资源配置效率进行研究。赵琦（2015）同时利用主成分分析方法和数据包络分析方法实证分析小学的教育资源配置，并筛选和评价了

义务教育资源配置指标。Si (2017) 采用 DEA 方法将师生比例, 生均固定资产设备值与教育费用作为投入评估, 学生毕业率作为产出评估, 计算教育经费的综合效率。本文通过建立数学模型模拟仿真 2020 年大连市指标到校名额的“电脑派位”过程, 探索现行政策下教育资源分配的有效性、公平性、鲁棒性以及分配方案中存在的问题, 并且提出合理对策。

(三) “指标到校”政策执行

大多学者认为高中招生“指标到校”的实施有助于推进义务教育均衡发展, 同时兼顾教育资源配置的公平和效率。李金池对衡水市“指标到校”政策的实施效果做了实践总结, 认为该政策的实施有助于推进义务教育均衡发展, 促进教育公平, 同时并不影响普通高中的办学质量。魏红梅(2013)提出“指标到校”可以最大程度缓解“择校热”的现状, 保障学生平等的受教育权利, 促进义务教育阶段初中学校的均衡发展, 有效提高优质教育资源均衡配置的公平性。张羽(2017)应用自然实验双重差分模型评估济南市中考招生政策实施效果, 提出“指标到校”政策的执行既能提升初中生源在区县间的均衡分布, 又能提高初中的教育质量和高中的教育质量, 达到公平与效率兼得的目的。张旭(2020)提出由于政策不具有法律所具有的刚性, “指标到校”政策通常表现出一种政策规约性的特点, 同时又兼具“选拔”与“普及”功能, 改变着中学办学生态。

有些学者提出不同的观点。姚建慧(2008)提出“指标到校”政策有助于促进教育资源优化配置, 落实义务教育阶段学校“划片招生, 就近入学”的政策, 规范普通高中招生秩序, 促进新课程改革的顺利实施, 加快薄弱学校建设, 有利于教育公平; 但也同时提出高中指标到校政策不能完全实现校级教育资源的均衡配置, 会随之出现“拟择校”现象, 即指标分配存在着潜在的不明确不公平现象。梁好(2017)通过研究安徽省中招方案的改革, 提出区域高中教育相对公平, 高中校际差距相对较小是“指标到校”政策顺利实施的重要前提保障, 而在很多地区“指标到校”难以推进教育公平。赵景辉(2017)认为“指标到校”政策的实施在一定程度上会减弱民间资本办义务教育的积极性, 影响优质高中教育资源空间布局的均衡, 造成随迁子女面临更多政策门槛等消极后果。陈辉(2018)认为解决教育发展不均衡问题的根本办法应该源于社会发展的自我调节, 而不是“指标到校”政策。

由于中国特殊的国情, 关于高中“指标到校”政策的研究在国外基本没有论述, 但是有关教育发达国家的初、高中升学情况值得我们借鉴。早期, 美国家庭普遍按照“划分学区, 就近入学”的原则接受教育。明尼苏达州 1990 年实施了学区内和跨学区并行的入学方案。在“补偿教育”方案的倡导下, 教育水平落后的地区得到了更多教育经费的支持。英国的择校范围不局限于公立学校, 也拓展到了私立学校, 这一做法使择校生源的比例有所提升, 不同学校之间可以公平竞争生源。日本 2000 年正式实行择校, 学生进入高中时根据附送校长调查书及必要证明, 学历检测成绩等进行检查。

三、仿真模型建立

(一) 数学问题

假设某市共有 L 个区, I 个重点高中, 区 l 有 J 个初中; 区 l 分到的重点高中 i 的指标生名额数记为 N_i^l ($i = 1, 2, \dots, I$), 即该区所有初中拿到的重点高中 i 的指标数之和; 区内初中 j 应获得的所有指标生名额数记为 M_j^l ($j = 1, 2, \dots, J$)。该区所有初中应该分得的指标生名额总数与该区获得的市内所有高中指标生名额总数相等;

$$\sum_{j=1}^J M_j^l = \sum_{i=1}^I N_i^l \equiv T^l \quad (1)$$

其中, T^l 为 l 区获得的指标生名额总数。

模型主要研究的问题是: 如何将区内获得的每个重点高中的指标生名额数分配至区内各个初中, 即如何求取表 1 中 A_{ij} 。

表 1 l 区指标到校名额分配初始表

区 l		高中					
		1	2	...	i	...	I
初中		N_1^l	N_2^l	...	N_i^l	...	N_I^l
1	M_1^l	A_{11}	A_{21}	...	A_{i1}	...	A_{I1}
2	M_2^l	A_{12}	A_{22}	...	A_{i2}	...	A_{I2}
...					
j	M_j^l	A_{1j}	A_{2j}	...	A_{ij}	...	A_{Ij}
...					
J	M_J^l	A_{1J}	A_{2J}	...	A_{iJ}	...	A_{IJ}

若 l 区内初中 j 分得高中 i 的指标数记为 A_{ij} , 则有

$$N_i^l = \sum_{j=1}^J A_{ij} \quad (2)$$

$$M_j^l = \sum_{i=1}^I A_{ij} \quad (3)$$

在实施“指标到校”政策的过程中, 核心的环节就是指标数的分配。本文主要探讨全市优质高中招生的指标如何分配到每一所初中学校。在介绍如何计算 A_{ij} 之前, 我们先介绍如何计算 N_i^l 和 M_j^l 。

(二) 确定各区各初中以及各高中到区的指标生名额总数 N_i^l 和 M_j^l

1. 数学符号解释

表 2

数学符号统计表 a

数学符号	解释
I	市内重点高中的数量 $I = 1, 2, \dots, I;$
J	某一个区参与指标分配的初中数量 $J = 1, 2, \dots, J;$
\bar{N}	市内重点高中总招生人数 $\bar{N} = \bar{N}_A + \bar{N}_B$
\bar{N}_A	全市统一招生名额总数 (统招人数)
\bar{N}_B	全市指标生名额总数
Z_i	重点高中 i 的招生总人数
T^l	l 区获得的指标生名额总数 $T^l = \sum_{i=1}^I N_i^l = \sum_{j=1}^J M_j^l$
N_i^l	l 区分到的重点高中 i 的指标生名额数
M_j^l	l 区的初中 j 应获得的所有指标生名额数
Q_{sum}	全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数
Q^l	l 区初三毕业生符合“指标到校”政策总人数
Q_j^l	l 区的初中 j 毕业生符合“指标到校”政策总人数
p	指标生的比例

2. 数学公式计算

某年市内重点高中总招生人数记为 \bar{N} , 重点高中 i 的招生人数记为 Z_i , 其中指标生名额数占比为 p , 则有:

(1) 重点高中总招生人数 = 全市所有重点高中招生人数总和, 即

$$\bar{N} = \sum_{i=1}^I Z_i; \tag{4}$$

(2) 全市所有初中分配到的指标名额总数 = 全市所有重点高中的指标名额总数 = 全市重点高中总招生人数*指标名额占比, 即

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J M_j^l = \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I N_i^l = \bar{N} * p \tag{5}$$

记全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数为 Q_{sum} , l 区初三毕业生符合“指标到校”政策总人数为 Q^l , l 区的初中 j 毕业生符合“指标到校”政策总人数为 Q_j^l , 则有

(3) 全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数 = 全市所有区初三毕业生符合“指标到校”政策人数总和 = 全市所有初中毕业生符合“指标到校”政策人数总和, 即

$$Q_{sum} = \sum_{l=1}^L Q^l = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J Q_j^l \quad (6)$$

确定 l 区的初中应分得的所有指标生名额数按比例计算：

$$l\text{区初中}j\text{应获得的指标生名额数} = M_j^l = \bar{N} * p * Q_j^l / Q_{sum} \quad (7)$$

\bar{N} --市内重点高中总招生人数

p --指标到校的比例

Q_j^l -- l 区初中 j 毕业生符合“指标到校”政策总人数

Q_{sum} --全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数

与以上相似，确定 l 区分到的重点高中的指标生名额数按比例计算：

$$l\text{区分到的重点高中}i\text{的指标生名额数} = N_i^l = Z_i * p * Q^l / Q_{sum} \quad (8)$$

Z_i --重点高中 i 总招生人数

p --指标到校的比例

Q^l -- l 区初三毕业生符合“指标到校”政策总人数

Q_{sum} --全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数

综上，确定各区各初中以及各高中到区的指标生名额总数 N_i^l 和 M_j^l 后，再计算 l 区内初中 j 分得高中 i 的指标数 A_{ij} 。

（三）算法分配过程

1. 指标分配过程简述

由于指标分配过程对于任意区皆适用，为表述方便，在不产生歧义的情况下去掉代表区号的上角标 l 。在确定 l 区分到的重点高中 i 的指标生名额数 N_i^l 和初中 j 应获得的所有指标生名额数 M_j^l 后，按照分配规则，再确定分配过程中的高中顺序，这一顺序在分配开始前随机确定。

在每一轮指标名额分配开始前，判断高中是否休眠^①。判断完成后，开始名额分配：

按照预先确定的高中顺序，从第一个未休眠的高中开始将指标名额分配给每个未足额额的初中，每个初中获得这一名额后，仍需获得的指标数相应减少 1；再由第二顺序高中将指标名额分配给每个未足额初中，分配到指标的初中的仍需获得指标数相应减 1；直到末位顺序高中将指标名额分配给每个未足额初中完成后，此轮分配结束。在整轮指标分配过程中：

（1）当初中 j 出现仍需获得的指标数为 0 的情况时，即初中 j 成为满额初中，该初中将不再接受任何高中的分配名额。（2）当轮到休眠高中时，跳过，继续下一个未休眠顺序高中的指标名额分配，直到末位顺序高中分配完毕，本轮指标分配完毕。

① 当高中的待分配指标名额数小于未足额额的初中数时，该高中在本轮中不参与名额分配，进入休眠状态。

表 3 指标到校名额分配状态表

	高中						
初中	1	2	...	I	初中 j 已经获得指标数	初中 j 仍需获得指标数	初中 j 需获得指标总数
1	A_{11}	A_{21}	...	A_{I1}	HM_1	TM_1	M_1
2	A_{12}	A_{22}	...	A_{I2}	HM_2	TM_2	M_2
...	...						
J	A_{1J}	A_{2J}	...	A_{IJ}	HM_J	TM_J	M_J
高中 i 已分配指标数	HN_1	HN_2	...	HN_I	\		
高中 i 待分配的指标数	TN_1	TN_2	...	TN_I			
高中 i 指标总数	N_1	N_2	...	N_I			

2. 数学符号解释

数学符号统计表 b

数学符号	解释
a_{ij}^k	第 k 轮分配过程中，高中 i 分配给初中 j 的指标数； (a_{ij}^k 为0,1 变量；)
A_{ij}	当前状态下，高中 i 已经分配给初中 j 的指标总数额； ($i = 1,2,3, \dots, I; j = 1,2,3, \dots, J; $)
N_i	分配开始前已经确定的，待分配的高中 i 的总指标数额； ($i = 1,2,3, \dots, I; $)
HN_i	当前状态下，高中 i 已经分配出去的指标总数额； $HN_i = \sum_{j=1}^J A_{ij}$
TN_i	当前状态下，高中 i 还有待分配的指标总数额； $TN_i = N_i - HN_i$
M_j	分配开始前已经确定的，初中 j 需要的总指标数额；
HM_j	当前状态下，初中 j 已经获得的指标总数额； $HM_j = \sum_{i=1}^I A_{ij}$
TM_j	当前状态下，初中 j 仍需得到的指标总数额； $TM_j = M_j - HM_j$
IM_j	判断当前状态下，初中 j 是否满额； ($IM_j = 0$ ，初中 j 已满额； $IM_j = 1$ ，初中 j 未足额)
IN_i^k	判断第 k 轮分配过程中，高中 i 是否休眠；

($IN_i^k = 0$, 高中*i*进入休眠; $IN_i^k = 1$, 高中*i*未休眠;)

A_{ij} 、 HN_i 、 TN_i 、 HM_j 、 TM_j 是实时变量，随着系统状态变化不断变化。

(1) a_{ij}^k

记 a_{ij}^k 为第*k*轮高中*i*分配给初中*j*的指标生名额数;

$$a_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 轮, 高中 } i \text{ 分配给初中 } j \text{ 一个名额} \\ 0, & \text{第 } k \text{ 轮, 高中 } i \text{ 没有分配给初中 } j \text{ 名额} \end{cases} \quad (9)$$

(2) A_{ij}

记 A_{ij} 为高中*i*已经分配给初中*j*的指标名额数;

第*k*轮指标名额分配结束后，高中*i*已经分配给初中*j*的指标名额数 = 第*k*轮指标名额分配结束后，初中*j*已经获得的高中*i*的指标生名额数 = 前*k*轮名额分配过程中，高中*i*分配给初中*j*的指标生名额数总和，即

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^k a_{ij}^k \quad (10)$$

(3) HN_i, TN_i

当前状态下，高中*i*已经分配出去的指标生名额数 = *J*个初中分配到的高中*i*的指标名额数总和，即

$$HN_i = \sum_{j=1}^J A_{ij}; \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (11)$$

当前状态下，高中*i*待分配的指标生名额数 = 高中*i*的总指标数额-高中*i*已经分配出去的指标总数额

$$TN_i = N_i - HN_i \quad (12)$$

(4) HM_j, TM_j

当前状态下，初中*j*已经获得的指标总数额 = *I*个高中分配给初中*j*的指标名额数总和

$$HM_j = \sum_{i=1}^I A_{ij}; \quad (j = 1, 2, \dots, J) \quad (13)$$

当前状态下，初中*j*仍需得到的指标总数额 = 初中*j*需要获得的指标生总数-初中*j*已经获得的指标生名额数

$$TM_j = M_j - HM_j; \quad (14)$$

(5) IM_j

计算第*k*轮开始前，还未满额的初中总个数为: $\sum_{j=1}^J IM_j$; (15)

$$\text{记 } IM_j = \begin{cases} 1, & TM_j = M_j - HM_j > 0 \\ 0, & TM_j = M_j - HM_j = 0 \end{cases} \quad (16)$$

$IM_j = 1$ 表示第 k 轮分配开始前, 初中 j 还未满额;

$IM_j = 0$ 表示第 k 轮分配开始前, 初中 j 已满额。

(6) IN_i^k

$$IN_i^k = \begin{cases} 1, & TN_i = N_i - HN_i \geq \sum_{j=1}^J IM_j \\ 0, & TN_i = N_i - HN_i < \sum_{j=1}^J IM_j \end{cases} \quad (17)$$

$IN_i^k = 0$, 即高中 i 待分配的指标数少于未满足的初中总数, 高中 i 在第 k 轮指标分配过程中休眠;

$IN_i^k = 1$, 即高中 i 待分配的指标数不少于未满足的初中总数, 高中 i 参与第 k 轮指标分配。

3. 分配过程

为了方便观察, 在分配的过程中, 一般将初中按照需要获得的指标名额数从低到高排序。

(1) 第一轮: $k = 1$

按照预先确定的高中随机顺序, 从第一个高中 $i = 1$ 开始分配:

高中 1 分配给每个初中 1 个指标; 然后高中 2 分配给每个初中 1 个指标; ...高中 I 分配给每个未满足的初中一个指标, 第一轮指标名额分配结束。第一轮分配结果见表 4。

表 4 第一轮指标到校分配过程表

	高中						
初中	1	2	...	I	初中 j 已经获得指标数	初中 j 仍需获得指标数	初中 j 需获得指标总数
1	1	1	...	a_{i1}^1	HM_1	TM_1	M_1
2	1	1	...	a_{i2}^1	HM_2	TM_2	M_2
...							
J	1	1	...	a_{iJ}^1	HM_J	TM_J	M_J
高中 i 已分配指标数	HN_1	HN_2	...	HN_I			
高中 i 待分配的指标数	TN_1	TN_2	...	TN_I			
高中 i 指标总数	N_1	N_2	...	N_I			

(2) 第二轮: $k = 2$

以第一轮指标名额分配完成后的结果为基础, 利用公式(15)判断未满足的初中数: $\sum_{j=1}^J IM_j$, 再根据公式(17)判断休眠高中。

第二轮指标名额分配开始: 按照预先确定的高中随机顺序, 从第一个未休眠的高中开始分配给每个未满足的初中 1 个指标名额, 即 $a_{ij}^2 = 1$ 。根据公式(16)和(17)有:

高中 i 未休眠: $IN_i^2 = 1 | TN_i = N_i - HN_i \geq \sum_{j=1}^J IM_j$

初中 j 未满足: $IM_j = 1 | TM_j = M_j - HM_j > 0$

高中 i 待分配的指标名额数减 1 ($TN_i = TN_i - 1$), 初中 j 仍需获得的指标名额数减去 1 ($TM_j = TM_j - 1$); 高中 i 已经分配的指标名额数加 1 ($HN_i = HN_i + 1$), 初中 j 已经获得的指标名额数加 1 ($HM_j = HM_j + 1$);

当此轮分配过程中遇到高中 i 休眠的情况, 即 $IN_i^2 = 0 | TN_i = N_i - HN_i < \sum_{j=1}^J IM_j$, 则 $a_{ij}^2 = 0$;

当此轮分配过程中出现初中 j 已经满额的情况, 即 $IM_j = 0 | TM_j = M_j - HM_j > 0$, 则 $a_{ij}^2 = 0$;

...

直到最后一个未休眠高中向每个未满足的初中分配 1 个指标后, 第二轮指标名额分配结束。

初中 j 已经分配到的高中 i 的指标数为: $A_{ij} = \sum_{k=1}^2 a_{ij}^k$ 。第二轮分配结果见表 5。

表 5

第二轮指标到校分配过程表

	高中						
初中	1	2	...	I	初中 j 已经获得指标数	初中 j 仍需获得指标数	初中 j 需获得指标总数
1	1+1	1+ a_{21}^2	...	$a_{I1}^1+a_{I1}^2$	HM_1	TM_1	M_1
2	1+1	1+ a_{22}^2	...	$a_{I2}^1+a_{I2}^2$	HM_2	TM_2	M_2
...							
J	1+1	1+ a_{2J}^2	...	$a_{IJ}^1+a_{IJ}^2$	HM_J	TM_J	M_J
高中 i 已分配指标数	HN_1	HN_2	...	HN_I			
高中 i 待分配的指标数	TN_1	TN_2	...	TN_I			
高中 i 指标总数	N_1	N_2	...	N_I			

(3) 第三轮, $k = 3$: 重复前轮指标名额分配过程。

如此循环, 直到最后一轮: 第 K 轮。

第 K 轮指标名额分配开始前, 未满足的初中数为 1 ($\sum_{j=1}^J IM_j = 1$), 这时高中的指标名额

不再需要按顺序分配，只需将每所高中待分配的指标名额一次性地分配给唯一一个未满额的初中。

显而易见，本轮指标分配中未满额的初中一定是总指标数额最多的初中 J 。即初中 J 分配到的所有高中的指标名额总数为：

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{K-1} a_{ij}^k + TN_i = M_j \quad (18)$$

至此，区内指标名额分配结束，高中 i 分配给初中 j 的指标名额结果数为：

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^K a_{ij}^k \quad (19)$$

4. 伪代码

(1) 伪代码 1 还原了计算 l 区高中 i 分配给初中 j 的指标名额 A_{ij} 的算法过程。

伪代码 1

-
1. for $i \leftarrow 1$ to I
 2. calculate TN_i by (10&11&12)
 3. for $j \leftarrow 1$ to J
 4. $A_{ij} \leftarrow 0$
 5. calculate TM_j by (10&13&14), IM_j by (16), $\sum_{j=1}^J IM_j$ by (15)
 6. if $\sum_{j=1}^J IM_j == 1$
 7. do $A_{ij} = A_{ij} + TN_i$
 8. else if $TN_i > \sum_{j=1}^J IM_j$ and $IM_j == 1$
 9. do $A_{ij} = A_{ij} + 1$
 10. return A_{ij}
-

(2) 伪代码 2 还原了计算 l 区内指标分配初始数据的算法过程。

伪代码 2

-
1. calculate N_i^l by (8), M_j^l by (7)
 2. $k \leftarrow 1$
 3. calculate A_{ij} by 伪代码 1
 4. while $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J A_{ij} < \sum_{i=1}^I N_i^l$
 5. do $k = k + 1$
 6. do calculate A_{ij} by 伪代码 1
-

四、仿真结果分析

本章利用大连市 2020 年中考真实数据，进行随机仿真实验。第一节内容详细介绍了 2020 年大连市内五区省示范高中招生计划以及沙河口区各初中毕业生情况的相关数据；第二节以沙河口区为例复现“指标到校”名额分配过程并讨论分配结果；第三节通过 python 代码对指标到校分配过程中参考的高中顺序进行随机抽样，仿真指标名额分配结果，统计并分析。

（一）大连市数据介绍

截至 2019 年 9 月，大连市共有普通高中 76 所，义务教育阶段学校 652 所，在校生 49.6 万人。根据大连市教育局发布的《中小学招生入学通知》，参与 2020 年大连市“指标到校”政策需要满足的条件有：（1）大连市户籍学生，在本市初中学习区间均在“学区内”就读，初中升高中市可享受“指标到校”政策；（2）随迁子女在连取得学籍且初中期间均在“学区内”就读、在中考报名前落户大连的，初中升高中时可享受“指标到校”政策。

截至 2020 年，大连市共建有 16 所省示范高中，参与市内五区指标到校名额分配的共有 14 所。其中受百姓认可度较高的三甲高中有大连市第八中学，大连市第二十四中学，大连市育明高级中学，三甲高中与大连市第一中学和辽宁师范大学附属中学并称为大连市五甲高中。

2020 年大连市内 14 所省示范高中招生总数为 5670，按照 70%为指标生的比例实行中考招生政策，全市指标名额总数为 3972；每个重点高中招生的指标总数都是总招生人数的 70%，三甲高中和五甲高中的指标生总数分别为 1041 人和 1608 人。每所重点高中的总招生人数和指标生总数见表 6。

2020 年大连全市初中毕业生符合“指标到校”政策总人数为 10315。大连市内五区初三毕业生符合“指标到校”政策的总人数分别是：中山区 1785 人，西岗区 855 人，沙河口区 2088 人，高新区 648 人，甘井子区 4939 人。

以沙河口区为例，2020 年沙河口区初三毕业生符合“指标到校”政策的总人数为 2088 人，该年沙河口区获得所有重点高中的指标名额总数

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{全市指标名额总数} * \text{沙河口区初三毕业生符合“指标到校”政策的总人数}}{\text{全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数}} \\
 &= \frac{3972 * 2088}{10315} \\
 &\approx 800。
 \end{aligned}$$

由此，计算出市内五区获得所有重点高中的指标名额总数分别是：中山区 685 人，西岗区 328 人，沙河口区 800 人，高新区 248 人，甘井子区 1913 人。（见表 7）

表 6 2020 年大连市 16 所省示范高中招生计划表

序号	学校名称	2020 招生计划		
		统招生	指标生	总数
	合计	2030	4005	6035
1	大连市第一中学	108	252	360
2	大连市第八中学	148	347	495
3	大连市第十一中学	135	315	450
4	大连市第十二中学	135	315	450
5	大连市第十三中学	94	221	315
6	大连市第二十高级中学	108	252	360
7	大连市第二十三中学	148	347	495
8	大连市第二十四中学	148	347	495
9	大连市第三十六中学	94	221	315
10	大连市第四十八中学	108	252	360
11	大连市育明高级中学	148	347	495
12	辽宁师范大学附属中学	135	315	450
13	大连理工大学附属高级中学	81	189	270
14	大连市红旗高级中学	108	252	360
15	大连市第十五中学	320		320
16	大连市旅顺中学	12	33	45

表 7 2020 年大连市内五区初中指标名额统计表

五区	中山区	西岗区	沙河口区	高新区	甘井子区	总计
毕业生符合政策人数	1785	855	2088	648	4939	10315
获得指标数	683	328	800	248	1913	3972

下面以 2020 年沙河口区数据为例，计算区内各个初中应该分配到的所有重点高中指标名额总数以及该区分配到的各个重点高中的指标名额数。

(1) 由公式(7)计算沙河口区各个初中应该分配到的所有重点高中指标名额总数：

以 4 中为例，

2020 年沙河口区 4 中分配到的所有重点高中指标名额总数

$$= \frac{\text{全市指标名额总数} * \text{4 中初三毕业生符合“指标到校”政策的总人数}}{\text{全市初三毕业生符合“指标到校”政策总人数}}$$

$$= \frac{3972 * 149}{10315}$$

$$\approx 57$$

初中的平均指标率大约为 38%，也就是说，平均每 2.61 个符合“指标到校”政策的初三毕业生中就能有一个毕业生获得指标到校名额。（2020 年沙河口区各个初中应分配到的指标生总人数见表 8）

表 8 2020 年沙河口区各初中应该分到的省级示范高中指标名额总数统计表^①

序号	初中	本学区人数	2020 指标数	平均指标率
1	4 中	149	57	38.3%
2	21 中	120	46	38.3%
3	31 中	29	11	37.9%
4	45 中	55	21	38.2%
5	46 中	23	9	39.1%
6	47 中	99	38	38.4%
7	49 中	91	35	38.5%
8	50 中	81	31	38.3%
9	51 中	68	26	38.2%
10	52 中	29	11	37.9%
11	79 中	342	131	38.3%
12	83 中	84	32	38.1%
13	格致	407	156	38.3%
14	辽附二	44	17	38.6%
15	实验	57	22	38.6%
16	双语	157	60	38.2%
17	世纪	81	31	38.3%
18	新格致	31	12	38.7%
19	知行	141	54	38.3%

(2) 根据公式(8)，计算 2020 年沙河口区分配到的各个重点高中的指标名额数：

以 1 中为例，2020 年大连市第一中学的总招生人数为 360。

沙河口区分配到的 1 中的指标生名额数

① 表中平均指标率略有差距是由于对数据四舍五入取小数点后一位整造成的，整体取整均为 38%。

$$= \frac{1 \text{ 中总招生人数} * \text{指标到校比例} * \text{沙河口区初中毕业生符合“指标到校”政策总人数}}{\text{全市初中毕业生符合“指标到校”政策总人数}}$$

$$= \frac{360 * 70\% * 2088}{10315}$$

$$\approx 51$$

各个重点高中的数据见表 9。

表 9 2020 年沙河口区分配到的各个重点高中的指标名额数

高中	1 中	8 中	11 中	12 中	13 中	20 高	23 中	24 中	36 中	48 中	育明	辽附	理附	红旗
指标数	51	70	63	64	45	50	69	70	45	51	70	63	38	51

将以上数据汇总，是 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配初始状态（见图 2），下面介绍各个高中分配给各个初中的指标名额过程。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配表															
		高中学校													
初中学校	指标名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9														
31中	11														
52中	11														
新格致	12														
辽附二	17														
45中	21														
实验	22														
51中	26														
50中	31														
世纪	31														
83中	32														
49中	35														
47中	38														
21中	46														
知行	54														
4中	57														
双语	60														
79中	131														
格致	156														
总计	800														

图 2 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配表图

（二）单次仿真：沙河口区 2020 年各初中省级示范高中指标到校名额分配复现

为了更详细准确地说明区内各高中向各初中分配指标的具体过程，本节我们进行复现沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配过程。

按照指标到校分配的规则，在正式的名额分配开始前，首先需要确定一个分配过程中的高中顺序，该顺序实际是随机产生。我们以 2020 年官方发布的沙河口区指标到校名额分配结果为参照，推导出 2020 年沙河口区指标到校名额分配过程中参照的高中随机顺序^①为：

<48 中，辽附，理附>→12 中→13 中→<23 中，36 中>→育明→20 高→<1 中，24 中>→11 中

① <>内高中顺序不分先后。

→8 中→红旗。

确定指标分配过程中的高中顺序后，按照大连市中考“指标到校”政策名额分配规则对沙河口区数据进行复现：

1. 第一轮：

从 48 中开始将指标名额分配给每个初中，每个初中获得这一名额后，仍需获得的指标数相应减少 1，直到第九顺位高中 20 高将指标名额分配给每个初中后，沙河口区 46 中获得的指标名额数为 9，由于 46 中满额，当轮到 1 中分配指标名额时，不再将指标分配给 46 中。直到末位高中红旗第一轮名额分配完毕后，第一轮指标分配结束，结果见图 3。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校复现第一轮																		
初中学校	初中需获得总指标	高中														初中已获得指标数	初中仍需获得指标数	
		48中	辽附	理附	12中	13中	23中	36中	育明	20高	1中	24中	11中	8中	红旗			
46中	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0
31中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0
52中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0
新格致	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0
辽附二	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0
45中	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	0
实验	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	0
51中	26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	0
50中	31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	0
世纪	31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	0
83中	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	0
49中	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	35	0
47中	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38	0
21中	46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	46	0
知行	54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	54	0
4中	57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	57	0
双语	60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	60	0
79中	131	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	131	0
格致	156	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	156	0
高中已分配		19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	16	15	15			
高中待分配		32	44	19	45	26	50	26	51	31	33	52	47	55	36			

图 3 2020 年沙河口区指标到校名额分配第一轮复现结果图

2. 第二轮：

第二轮名额分配开始前，首先判断出，已经满额的初中学校个数为 4（46 中，31 中，52 中，新格致），无休眠的高中。按照顺序，从第一个未休眠高中 48 中开始，进行指标名额分配，直到红旗完成分配，第二轮指标名额分配结束，结果见图 4。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校复现第二轮 (未满额初中15个, 无休眠高中)																		
初中学校	初中需获得总指标	高中														初中已获得指标数	初中仍需获得指标数	
		48中	辽附	理附	12中	13中	23中	36中	育明	20高	1中	24中	11中	8中	红旗			
46中	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0
31中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0
52中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0
新格致	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0
辽附二	17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0
45中	21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21	0
实验	22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22	0
51中	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	0
50中	31	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0
世纪	31	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0
83中	32	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32	0
49中	35	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	35	0
47中	38	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	38	0
21中	46	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	46	0
知行	54	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	54	0
4中	57	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	57	0
双语	60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	60	0
79中	131	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	131	0
格致	156	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	156	0
高中已分配		34	34	34	33	33	33	33	32	31	30	30	28	26	26			
高中待分配		17	29	4	31	12	36	12	38	19	21	40	35	44	25			

图 4 2020 年沙河口区指标到校名额分配第二轮复现结果图

3. 第三轮:

同样地，第三轮名额分配开始前，首先判断出，已经满额的初中学校由 8 所（46 中、31 中、52 中、新格致、辽附二、45 中、实验、51 中），未足额初中学校共 11 所。由于重点高中理附的待分配指标名额数为 4，小于未足额的初中数，因此理附在第三轮指标分配中进入休眠状态。

第三轮分配开始，按照顺序，从第一个未休眠的高中 48 中开始将指标名额分配给 11 所未足额的初中，然后是辽附，跳过理附，再接下来参与分配的高中是 12 中，按照预先确定的高中顺序依次分配，直到红旗分配完毕，第三轮指标名额分配结束。结果见图 5。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校复现第三轮（未足额初中11个，理附休眠）																	
初中需获得总指标	高中															初中已获得的指标	初中仍需获得指标数
	48中	辽附	理附	12中	13中	23中	36中	育明	20高	1中	24中	11中	8中	红旗			
46中	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0
31中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	0
52中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	0
新格致	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0	0
辽附二	17	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0	0
45中	21	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	21	0	0
实验	22	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	22	0	0
51中	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26	0	0
50中	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	0
世纪	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	0
83中	32	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	32	0	0
49中	35	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	35	0	0
47中	38	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	38	0	0
21中	46	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	5	5
知行	54	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	13	13
4中	57	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	16	16
双语	60	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	19	19
79中	131	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	90	90
格致	156	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	41	115	115
高中已分配	45	45	34	44	42	41	41	40	38	37	37	34	32	32			
高中待分配	6	18	4	20	3	28	4	30	12	14	33	29	38	19			

图 5 2020 年沙河口区指标到校名额分配第三轮复现结果图

...

以此循环。

4. 第十六轮

直到第十五轮指标名额分配完毕（结果见图 6），第 16 轮指标分配开始前，未足额的初中学校个数为 1，待分配名额为 0 的重点高中（48 中、理附、23 中、36 中、育明、1 中、红旗）休眠。因此，将未休眠高中的待分配名额一次性全部分配给未足额的初中学校（格致），所有指标名额分配完毕。直到第十六轮分配结束，沙河口区指标名额分配完成，结果见图 7。

东北财经大学 2021 届本科毕业论文

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校复现第15轮 (未超额初中2个, 48中、辽附、理附、12中、13中、23中、36中、20高、1中、红旗休眠)																	
初中需获得总指标	高中															初中已获得的指标	初中仍需获得指标数
	48中	辽附	理附	12中	13中	23中	36中	育明	20高	1中	24中	11中	8中	红旗			
	51	63	38	64	45	69	45	70	50	51	70	63	70	51	800		
46中	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0	
31中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	
52中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	
新格致	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0	
辽附二	17	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0	
45中	21	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	21	0	
实验	22	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	22	0	
51中	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	0	
50中	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	
世纪	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	
83中	32	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	32	0	
49中	35	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	35	0	
47中	38	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	38	0	
21中	46	4	4	2	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	46	0	
知行	54	4	5	2	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	54	0	
4中	57	4	5	2	5	3	5	3	5	5	4	4	4	4	57	0	
双语	60	4	5	2	5	3	5	3	5	5	5	5	4	4	60	0	
79中	131	4	8	4	9	4	14	5	15	6	8	15	14	14	131	0	
格致	156	4	8	4	9	4	14	5	15	6	8	15	15	11	156	23	
高中已分配	51	62	38	63	44	69	45	70	49	51	65	61	58	51		23	
高中待分配	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	5	2	12	0			

图 6 2020 年沙河口区指标到校名额分配第十五轮复现结果图

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校复现第16轮 (未超额初中1个, 48中、理附、23中、36中、育明、1中、红旗休眠)																	
初中需获得总指标	高中															初中已获得的指标	初中仍需获得指标数
	48中	辽附	理附	12中	13中	23中	36中	育明	20高	1中	24中	11中	8中	红旗			
	51	63	38	64	45	69	45	70	50	51	70	63	70	51	800		
46中	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0	
31中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	
52中	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0	
新格致	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0	
辽附二	17	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0	
45中	21	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	21	0	
实验	22	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	22	0	
51中	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	26	0	
50中	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	
世纪	31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	31	0	
83中	32	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	32	0	
49中	35	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	35	0	
47中	38	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	38	0	
21中	46	4	4	2	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	46	0	
知行	54	4	5	2	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	54	0	
4中	57	4	5	2	5	3	5	3	5	5	4	4	4	4	57	0	
双语	60	4	5	2	5	3	5	3	5	5	5	5	4	4	60	0	
79中	131	4	8	4	9	4	14	5	15	6	8	15	14	14	131	0	
格致	156	4	9	4	10	5	14	5	15	7	8	20	17	27	11	0	
高中已分配	51	63	38	64	45	69	45	70	50	51	70	63	70	51		0	
高中待分配	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

图 7 2020 年沙河口区指标到校名额分配第十六轮复现结果图

5. 2020 年沙河口区分配结果讨论

单次仿真的复现结果（见图 7）与 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配官方发布结果（见图 8）是一样的。

对本次指标到校名额分配结果进行统计，各个初中获得的指标名额中三甲比和五甲比统计结果见表 9。明显看出，指标到校名额总数多的初中，分配结果中三甲高中和五甲高中的名额数占比更高。

2020 年沙河口区指标到校名额总数最多的初中是格致中学，其三甲比和五甲比分别是 40% 和 51%；而指标到校名额总数最少的初中 46 中，在指标到校分配结果统计中的三甲比和五甲比仅仅只有 11% 和 22%。

同时，我们可以观察到：高中指标名额总数相同的情况下，随机顺序越靠后，其分配给指标到校名额总数最多的初中的指标数越多。

在 2020 年沙河口区指标名额分配过程中，沙河口区分配到的三甲高中的指标名额总数是

基于仿真的大连市中考指标到校分配方案研究

相同的，即 8 中、24 中、育明中学在沙河口区指标名额“电脑派位”中的总数都是 70。高中指标到校名额总数相同的情况下，随机顺序靠后的高中，在整个分配过程中，分配给指标到校名额总数最多的初中（格致）最终指标数肯定是最多的。因为随着整个分配过程中满额初中的退出，在每一轮的指标名额分配中，前面顺序的三甲高中分配出去的名额数一定是大于等于后面顺序的三甲高中分配出去的名额数，即在最后一轮指标分配开始前，顺序靠后的高中待分配的指标名额数一定是大于顺序靠前的高中的，分配给指标到校名额总数最多的初中的最后结果就会是最多的。

本次指标分配的过程中涉及到参考的高中顺序，而这个顺序是随机产生的，14 所重点高中的随机排列共有 14! 种结果。由于 2020 年的分配结果只参考了一种高中顺序，所以这种随着初中指标到校名额总数的增多，三甲比和五甲比也逐渐增多的现象可能是由于高中随机顺序的偶然性造成的；也可能是由算法本身设计机理所决定的。下面我们通过随机仿真实验，模拟仿真所有随机高中顺序下的分配过程，统计平均分配结果并研究问题所在。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配表															
初中学校	指标到校总数	高中学校													
		1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				1	1	1	1		1	1	1	1	1	
31中	11	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
52中	11	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
新格致	12	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
辽附二	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1
45中	21	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1
实验	22	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1
51中	26	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
50中	31	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2
世纪	31	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2
83中	32	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2
49中	35	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2
47中	38	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
21中	46	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	2	3
知行	54	4	4	4	5	3	4	4	4	3	4	4	5	2	4
4中	57	4	4	4	5	3	5	5	4	3	4	5	5	2	4
双语	60	5	4	5	5	3	5	5	5	3	4	5	5	2	4
79中	131	8	14	14	9	4	6	14	15	5	4	15	8	4	11
格致	156	8	27	17	10	5	7	14	20	5	4	15	9	4	11
总计	800	51	70	63	64	45	50	69	70	45	51	70	63	38	51

图 8 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配官方发布结图

表 9 2020 年沙河口区各初中指标名额分配结果统计表

序号	初中	2020 指标数	本学区人数	总人数	三甲	三甲比	五甲	五甲比
1	46 中	9	23	23	1	11%	2	22%
2	31 中	11	29	29	2	18%	4	36%
3	52 中	11	29	29	2	18%	4	36%
4	新格致	12	31	31	2	17%	4	33%
5	辽附二	17	44	44	3	18%	6	35%
6	45 中	21	55	55	3	14%	6	29%
7	实验	22	57	57	4	18%	7	32%
8	51 中	26	68	68	5	19%	9	35%
9	50 中	31	81	81	6	19%	11	35%
10	世纪	31	81	81	6	19%	11	35%
11	83 中	32	84	84	6	19%	11	34%
12	49 中	35	91	91	7	20%	12	34%
13	47 中	38	99	99	8	21%	14	37%
14	21 中	46	120	120	10	22%	17	37%
15	知行	54	141	141	12	22%	21	39%
16	4 中	57	149	149	13	23%	22	39%
17	双语	60	157	157	14	23%	24	40%
18	79 中	131	342	342	44	34%	60	46%
19	格致	156	407	407	62	40%	79	51%

(三) 多次仿真平均结果统计

1. 随机仿真实验

大连市参与市内五区指标到校名额分配的 14 所重点高中的随机排列顺序共有 $14!$ 种，而官方发布的 2020 年指标到校名额分配结果只按照一种高中顺序进行分配，考虑到 $\frac{1}{14!}$ 存在很大的偶然性，所以实验主要以 2020 年沙河口区中考指标分配名额数据为基础，使用 python 仿真模拟所有不同高中随机顺序下各初中省级示范高中指标到校名额分配结果。

实验的过程中，由于算力问题无法遍历 $14!$ 种情况的仿真结果，所以本次实验分别随机抽样了 1000, 10000, 100000 种高中顺序，通过代码仿真在样本高中顺序下沙河口区指标到校名额分配结果，计算其平均结果验证问题猜想。

在获得三个样本的平均分配结果后，对样本结果的差距进行比较（图 9^①）。两个差值结果统计图显示，10 万次的模拟平均结果和 1 千次的模拟平均结果差值较大，模拟 10 万次的平均结果与 1 万次的平均结果差值恒小于等于 0.06。同时，三种数量级别分配的模拟结果三

① 图 a 是模拟 10 万次平均结果和模拟 1 千次平均结果的差值图；图 b 是模拟 10 万次平均结果和模拟 1 万次平均结果的差值图。

基于仿真的大连市中考指标到校分配方案研究

甲比与五甲比统计见图 10，可以观察到：当模拟次数增大到 10 万次的时候，指标分配结果相较于上一数量级别的分配结果已经稳定。即模拟 10 万次的随机平均结果是稳定的。

为了验证数据的可靠性，接下来通过 t 检验验证总体均值

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟平均结果差值表														
[10万-1千]	高中学校													
	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
初中														
46中	0.0286	0.0208	0.0061	0.0347	0.0049	0.0085	0.0106	0.0008	0.0047	0.0160	0.0036	0.0083	0.0008	0.0118
31中	0.0183	0.0044	0.0004	0.0253	0.0080	0.0092	0.0169	0.0045	0.0226	0.0097	0.0073	0.0107	0.0027	0.0003
52中	0.0183	0.0044	0.0004	0.0253	0.0080	0.0092	0.0169	0.0045	0.0226	0.0097	0.0073	0.0107	0.0027	0.0003
新格致	0.0110	0.0147	0.0011	0.0133	0.0000	0.0155	0.0198	0.0063	0.0237	0.0005	0.0090	0.0028	0.0026	0.0034
辽附二	0.0087	0.0038	0.0117	0.0109	0.0103	0.0098	0.0109	0.0024	0.0162	0.0011	0.0268	0.0205	0.0232	0.0017
45中	0.0161	0.0033	0.0167	0.0276	0.0011	0.0090	0.0257	0.0138	0.0174	0.0227	0.0084	0.0256	0.0080	0.0087
实验	0.0235	0.0156	0.0074	0.0290	0.0052	0.0020	0.0163	0.0017	0.0212	0.0282	0.0004	0.0270	0.0052	0.0040
51中	0.0110	0.0147	0.0011	0.0133	0.0000	0.0155	0.0198	0.0063	0.0237	0.0005	0.0090	0.0028	0.0026	0.0034
50中	0.0144	0.0047	0.0093	0.0115	0.0081	0.0092	0.0038	0.0032	0.0166	0.0059	0.0288	0.0228	0.0000	0.0124
世纪	0.0144	0.0047	0.0093	0.0115	0.0081	0.0092	0.0038	0.0032	0.0166	0.0059	0.0288	0.0228	0.0000	0.0124
83中	0.0176	0.0064	0.0041	0.0199	0.0012	0.0235	0.0189	0.0045	0.0075	0.0139	0.0246	0.0241	0.0000	0.0181
49中	0.0240	0.0099	0.0152	0.0318	0.0019	0.0028	0.0176	0.0079	0.0156	0.0245	0.0087	0.0224	0.0000	0.0003
47中	0.0239	0.0078	0.0008	0.0297	0.0055	0.0042	0.0208	0.0011	0.0221	0.0086	0.0027	0.0062	0.0000	0.0011
21中	0.0271	0.0017	0.0165	0.0394	0.0000	0.0141	0.0199	0.0033	0.0000	0.0159	0.0196	0.0255	0.0001	0.0136
知行	0.0003	0.0066	0.0097	0.0027	0.0029	0.0012	0.0121	0.0022	0.0180	0.0018	0.0017	0.0231	0.0075	0.0034
4中	0.0099	0.0157	0.0088	0.0377	0.0074	0.0129	0.0066	0.0008	0.0200	0.0022	0.0187	0.0050	0.0111	0.0090
双语	0.0131	0.0123	0.0080	0.0249	0.0025	0.0229	0.0218	0.0026	0.0190	0.0012	0.0172	0.0056	0.0175	0.0296
79中	0.1561	0.0189	0.0623	0.1060	0.0040	0.0382	0.0564	0.0156	0.0418	0.0902	0.0387	0.0910	0.0008	0.0160
格致	0.1237	0.0864	0.0021	0.2771	0.0011	0.0622	0.1688	0.0058	0.0142	0.0675	0.1749	0.1197	0.0047	0.0131

图 9 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟平均结果差值图 a

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟平均结果差值表														
[10万-1万]	高中学校													
	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
初中														
46中	0.0001	0.0006	0.0015	0.0007	0.0026	0.0006	0.0072	0.0023	0.0059	0.0018	0.0037	0.0036	0.0011	0.0085
31中	0.0010	0.0029	0.0011	0.0034	0.0051	0.0013	0.0044	0.0002	0.0015	0.0047	0.0010	0.0009	0.0018	0.0059
52中	0.0010	0.0029	0.0011	0.0034	0.0051	0.0013	0.0044	0.0002	0.0015	0.0047	0.0010	0.0009	0.0018	0.0059
新格致	0.0000	0.0043	0.0008	0.0000	0.0038	0.0020	0.0022	0.0009	0.0000	0.0023	0.0065	0.0061	0.0026	0.0054
辽附二	0.0069	0.0015	0.0062	0.0046	0.0017	0.0008	0.0076	0.0069	0.0066	0.0058	0.0013	0.0020	0.0017	0.0060
45中	0.0017	0.0026	0.0021	0.0033	0.0045	0.0019	0.0089	0.0044	0.0061	0.0033	0.0005	0.0015	0.0062	0.0070
实验	0.0025	0.0023	0.0013	0.0018	0.0021	0.0043	0.0082	0.0022	0.0053	0.0033	0.0025	0.0030	0.0031	0.0068
51中	0.0000	0.0042	0.0008	0.0000	0.0038	0.0020	0.0022	0.0009	0.0000	0.0023	0.0065	0.0061	0.0026	0.0054
50中	0.0060	0.0028	0.0049	0.0034	0.0033	0.0002	0.0066	0.0060	0.0074	0.0040	0.0004	0.0015	0.0000	0.0060
世纪	0.0060	0.0028	0.0049	0.0034	0.0033	0.0002	0.0066	0.0060	0.0074	0.0040	0.0004	0.0015	0.0000	0.0060
83中	0.0062	0.0014	0.0010	0.0012	0.0071	0.0005	0.0078	0.0074	0.0027	0.0074	0.0034	0.0001	0.0000	0.0017
49中	0.0009	0.0028	0.0021	0.0006	0.0004	0.0034	0.0081	0.0026	0.0048	0.0024	0.0001	0.0033	0.0000	0.0084
47中	0.0019	0.0007	0.0015	0.0052	0.0048	0.0001	0.0064	0.0003	0.0031	0.0053	0.0004	0.0003	0.0000	0.0046
21中	0.0029	0.0023	0.0003	0.0018	0.0000	0.0037	0.0087	0.0067	0.0000	0.0000	0.0024	0.0002	0.0035	0.0056
知行	0.0006	0.0013	0.0011	0.0025	0.0009	0.0002	0.0055	0.0000	0.0054	0.0014	0.0011	0.0014	0.0040	0.0000
4中	0.0017	0.0011	0.0015	0.0005	0.0037	0.0012	0.0057	0.0069	0.0057	0.0009	0.0005	0.0047	0.0034	0.0004
双语	0.0032	0.0073	0.0044	0.0017	0.0095	0.0020	0.0059	0.0040	0.0059	0.0040	0.0022	0.0041	0.0036	0.0026
79中	0.0064	0.0139	0.0056	0.0060	0.0181	0.0026	0.0235	0.0029	0.0142	0.0048	0.0020	0.0069	0.0051	0.0365
格致	0.0069	0.0258	0.0257	0.0191	0.0171	0.0038	0.0830	0.0508	0.0208	0.0057	0.0073	0.0026	0.0012	0.0447

图 9 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟平均结果差值图 b

不同级别模拟结果三甲比										
综合比较					三甲比			五甲比		
	2020指标数	本学区人数	外学区人数	总人数	1千	1万	10万	1千	1万	10万
46中	9	23	0	23	21.7%	21.4%	21.5%	36.2%	35.7%	35.7%
31中	11	29	0	29	21.6%	21.5%	21.4%	36.1%	35.7%	35.7%
52中	11	29	0	29	21.6%	21.5%	21.4%	36.1%	35.7%	35.7%
新格致	12	31	0	31	21.7%	21.5%	21.4%	36.0%	35.8%	35.7%
辽附二	17	44	0	44	21.6%	21.4%	21.4%	35.8%	35.7%	35.7%
45中	21	55	0	55	21.4%	21.4%	21.4%	35.6%	35.7%	35.7%
实验	22	57	0	57	21.5%	21.4%	21.4%	35.8%	35.7%	35.7%
51中	26	68	0	68	21.6%	21.5%	21.4%	35.9%	35.7%	35.7%
50中	31	81	0	81	21.7%	21.6%	21.6%	36.0%	36.0%	36.0%
世纪	31	81	0	81	21.7%	21.6%	21.6%	36.0%	36.0%	36.0%
83中	32	84	0	84	21.7%	21.6%	21.6%	36.1%	36.0%	36.1%
49中	35	91	0	91	21.8%	21.8%	21.8%	36.3%	36.3%	36.3%
47中	38	99	0	99	21.9%	21.9%	21.9%	36.5%	36.4%	36.4%
21中	46	120	0	120	22.6%	22.6%	22.6%	37.7%	37.6%	37.6%
知行	54	141	0	141	22.7%	22.7%	22.7%	37.6%	37.7%	37.7%
4中	57	149	0	149	23.4%	23.3%	23.3%	38.2%	38.1%	38.1%
双语	60	157	0	157	23.6%	23.5%	23.5%	38.5%	38.5%	38.5%
79中	131	342	0	342	31.6%	31.6%	31.7%	45.7%	45.8%	45.8%
格致	156	407	0	407	34.8%	35.0%	35.0%	48.0%	48.2%	48.1%

图 10 三种数量级别分配模拟结果三甲比与五甲比统计图

2. 各初中指标分配结果三/五甲比假设检验

对于分配结果中每个初中的三/五甲比数据来说，其总体平均值或者说集中趋势是我们所关心的，因此需要了解指标到校分配结果中每个初中三/五甲比的总体的均值，但是由于算力问题，我们无法获得总体的数据，即总体存在不可知性。

因此，（1）本节首先对各初中三/五甲比的总体均值的取值进行假设：假设 2020 年沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比的总体均值分别为图 10 中的 10 万次仿真模拟平均结果；（2）然后对总体进行抽样：从总体中随机抽取 100 个各初中指标到校分配结果三/五甲比数据；（3）通过样本均值的情况来检验我们对总体均值的假设是否成立：根据假设检验的小概率原则，如果在我们假设的总体均值下，样本均值观测值出现的概率是小概率，那么说明总体均值的假设是错误的，反之，则说明总体均值的假设是可以接受的。

假设：

- a. 2020 年沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比符合正态分布；
- b. 2020 年沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比的总体均值分别是图 10 中的 10 万次仿真模拟平均结果。

（1）单样本 t 检验

以 46 中的三甲比为例：通过样本均值的情况来检验我们对总体均值的假设是否成立。

提出假设：2020 年沙河口区 46 中指标到校分配结果的三甲比总体均值为 21.5%。

$$H_0: \mu_{46 \text{ 中三甲比}} = 21.5\%$$

$$H_1: \mu_{46 \text{ 中三甲比}} \neq 21.5\%$$

SPSS 检验结果如下:

表 10 46 中三甲比总体均值单样本统计表

单样本统计				
	个案数	平均值	标准 偏差	标准 误差平均值
46中	100	.227777777777778	.081105652999636	.008110565299964

表 11

46 中三甲比总体均值的单样本 t 检验结果表

检验值 = 0.215						
	t	自由度	Sig. (双尾)	平均值差值	差值 95% 置信区间	
					下限	上限
46中	1.575	99	.118	.0127777777777777	-.00331534337736	.02887089893291

通过结果我们可以看出:

检验的样本均值为 0.2278, 样本的标准差为 0.0811, 样本的标准误差为 0.0081, t 统计量为 1.575。由于总体均值的 95% 的置信区间为 (0.215-0.0033, 0.215+0.0289), 而 0.2278 在 95% 的置信区间中, 同时, 计算的双侧 Sig 值 $p = 0.118 > 0.05$, 所以没有充分的理由拒绝原假设 ($\mu_{46 \text{ 中三甲比}} = 21.5\%$), 因此认为在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平下, 46 中的指标到校分配结果的三甲比的总体均值与 21.5% 没有显著性差异, 也就是以 95% 的概率接受 2020 年沙河口区 46 中指标到校分配结果的三甲比总体均值为 21.5% 的结论。

对 2020 年沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比总体均值进行单样本 t 检验, 统计检验结果见表 12: 每个比值的总体均值单样本 t 检验结果的 p 值都大于 0.05, 所以没有充分的理由拒绝原假设, 认为在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平下, 现行政策下的沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比的总体均值与图 10 中的 10 万次仿真模拟平均结果没有显著性差异, 即认为 10 万次的模拟仿真平均结果是稳定可靠的。

表 12 2020 年沙河口区指标到校分配结果各初中三/五甲比总体均值单样本 t 检验结果统计表

初中	三甲统计		五甲统计	
	三甲比	单样本 t 检验 p 值	五甲比	单样本 t 检验 p 值
46 中	21.50%	0.118	35.70%	0.586
31 中	21.40%	0.471	35.70%	0.400
52 中	21.40%	0.471	35.70%	0.400
新格致	21.40%	0.829	35.70%	0.294
辽附二	21.40%	0.201	35.70%	0.058
45 中	21.40%	0.265	35.70%	0.451
实验	21.40%	0.183	35.70%	0.963
51 中	21.40%	0.773	35.70%	0.280
50 中	21.60%	0.390	36.00%	0.151
世纪	21.60%	0.448	36.00%	0.416
83 中	21.60%	0.655	36.10%	0.842
49 中	21.80%	0.692	36.30%	0.660
47 中	21.90%	0.671	36.40%	0.606
21 中	22.60%	0.936	37.60%	0.959
知行	22.70%	0.453	37.70%	0.345
4 中	23.30%	0.779	38.10%	0.820
双语	23.50%	0.194	38.50%	1.000
79 中	31.70%	0.900	45.80%	0.077
格致	35.00%	0.900	48.10%	0.980

(2) 独立样本 t 检验

独立样本 t 检验用于分析两组不同群组直接定量数据的差异情况，是差异性检验的一种方法。以沙河口区 46 中与格致为例：检验 2020 年沙河口区指标到校分配结果中 46 中的五甲比与格致的五甲比是否存在显著性的差异。

提出假设：沙河口区指标到校分配结果中 46 中的五甲比与格致的五甲比没有显著性的差异。

$$H_0: \mu_{46 \text{ 中五甲比}} = \mu_{\text{格致五甲比}}$$

$$H_1: \mu_{46 \text{ 中五甲比}} \neq \mu_{\text{格致五甲比}}$$

表 13 独立样本 t 检验组统计表

	初中	个案数	平均值	标准 偏差	标准 误差平均值
五甲比	46中	100	.362222222222222	.095568344092422	.009556834409242
	格致	100	.48089743589744	.040285055061985	.004028505506199

表14

独立样本t检验结果表

		莱文方差等同性检验				等同性 t 检验			
		显著性				差值 95% 置信区间			
		F	t	自由度	Sig. (双尾)	平均值差值	标准误差差值	下限	上限
五甲比	假定等方差	49.982	-11.443	198	.000	-.11867521	.0103712072	-.13912741570	-.09822301
	不假定等方差		-11.443	133.106	.000	-.11867521	.0103712072	-.13918891062	-.09816151

通过 SPSS 检验结果我们可以看出：

样本 A（46 中五甲比）的均值为 0.3522，标准差为 0.0956，标准误差为 0.0096；

样本 B（格致五甲比）的均值为 0.4809，标准差为 0.0403，标准误差为 0.0040。

莱文方差等同性检验中 $p < 0.05$ ，认为 46 中的五甲比和格致中学的五甲比方差不等，主要看假定方差不相等的检验结果数据。检验结果的 t 值为 -11.443，计算的双侧 Sig 值 $p < 0.05$ ，所以拒绝独立样本 t 检验的原假设 ($\mu_{46 \text{ 中五甲比}} = \mu_{\text{格致五甲比}}$)，认为在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平下，46 中的五甲比与格致的五甲比存在显著差异。

从组统计量中可以看到，46 中的样本平均五甲比为 36.2%，格致中学的样本平均五甲比为 48.1%，所以我们可以认为 2020 年沙河口区指标到校分配结果中格致中学的五甲比是显著高于 46 中的五甲比的。

分别对 2020 年沙河口区各初中指标到校分配结果的三/五甲比进行独立样本 t 检验，指标到校名额少的初中与格致中学的 t 检验结果见表 15：每次的独立样本 t 检验结果的 p 值都小于 0.05，所以拒绝独立样本 t 检验的原假设，认为在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平下，指标到校名额少的初中三/五甲比与指标到校名额总数最多的初中一格致的三/五甲比存在显著差异。

表 15 各初中三/五甲独立样本 t 检验结果 p 值统计表

初中	指标到校总人数	三甲比		五甲比	
		三甲比总体均值	独立样本 t 检验 p 值	五甲比总体均值	独立样本 t 检验 p 值
46 中	9	21.50%	0.000	35.70%	0.000
31 中	11	21.40%	0.000	35.70%	0.000
52 中	11	21.40%	0.000	35.70%	0.000
新格致	12	21.40%	0.000	35.70%	0.000
辽附二	17	21.40%	0.000	35.70%	0.000
45 中	21	21.40%	0.000	35.70%	0.000
实验	22	21.40%	0.000	35.70%	0.000
51 中	26	21.40%	0.000	35.70%	0.000
50 中	31	21.60%	0.000	36.00%	0.000
世纪	31	21.60%	0.000	36.00%	0.000
83 中	32	21.60%	0.000	36.10%	0.000
49 中	35	21.80%	0.000	36.30%	0.000
47 中	38	21.90%	0.000	36.40%	0.000
21 中	46	22.60%	0.000	37.60%	0.000
知行	54	22.70%	0.000	37.70%	0.000
4 中	57	23.30%	0.000	38.10%	0.000
双语	60	23.50%	0.000	38.50%	0.000
79 中	131	31.70%	0.000	45.80%	0.000

3. 模拟 10 万次指标到校名额分配结果统计

综合仿真实验结果以及对结果数据中各初中的三/五甲比假设检验结果，我们可以认为 10 万次的模拟仿真平均结果是稳定可靠的，下面对此数据进行统计分析。

(1) 模拟 10 万次平均结果展示

图 11 展示了 10 万次随机高中顺序的模拟指标到校名额平均分配结果。与 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配官方发布结果（见图 8）相比，格致的官方分配结果与模拟平均结果之间的最大差值到了 9，相比较指标到校名额总数较少的初中如 46 中、31 中、52 中，其官方分配与模拟平均结果之间的差值最大为 1。

通过模拟 10 万次的平均分配结果与官方分配结果的差值图（图 12）可以明显观察到：在按照一种高中随机顺序进行名额分配的过程中，指标到校名额总数更多的初中分配到的重点

基于仿真的大连市中考指标到校分配方案研究

高中的指标数是不稳定的。

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟十万次平均结果表															
初中学校	指标到校总数	高中学校													
		1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9	0.6404	0.6432	0.6419	0.6437	0.6441	0.6435	0.6414	0.6452	0.6424	0.6430	0.6424	0.6423	0.6398	0.6468
31中	11	0.7827	0.7856	0.7855	0.7853	0.7860	0.7852	0.7851	0.7875	0.7876	0.7867	0.7857	0.7843	0.7857	0.7873
52中	11	0.7827	0.7856	0.7855	0.7853	0.7860	0.7852	0.7851	0.7875	0.7876	0.7867	0.7857	0.7843	0.7857	0.7873
新格致	12	0.8550	0.8574	0.8559	0.8573	0.8580	0.8575	0.8562	0.8587	0.8577	0.8575	0.8570	0.8568	0.8576	0.8574
辽附二	17	1.2123	1.2128	1.2157	1.2109	1.2133	1.2128	1.2129	1.2166	1.2148	1.2161	1.2163	1.2155	1.2128	1.2173
45中	21	1.4979	1.4994	1.4993	1.4996	1.5009	1.5000	1.4983	1.5009	1.4986	1.5027	1.4996	1.5016	1.4970	1.5043
实验	22	1.5695	1.5714	1.5716	1.5720	1.5722	1.5710	1.5697	1.5724	1.5708	1.5732	1.5706	1.5720	1.5688	1.5750
51中	26	1.8550	1.8574	1.8559	1.8573	1.8580	1.8575	1.8562	1.8587	1.8577	1.8575	1.8570	1.8568	1.8576	1.8574
50中	31	2.2286	2.2287	2.2313	2.2275	2.2301	2.2292	2.2298	2.2328	2.2314	2.2329	2.2322	2.2318	2.0000	2.2336
世纪	31	2.2286	2.2287	2.2313	2.2275	2.2301	2.2292	2.2298	2.2328	2.2314	2.2329	2.2322	2.2318	2.0000	2.2336
83中	32	2.3054	2.3064	2.3069	2.3049	2.3078	2.3065	2.3061	2.3105	2.3085	2.3099	2.3084	2.3081	2.0000	2.3109
49中	35	2.5370	2.5381	2.5378	2.5378	2.5390	2.5378	2.5364	2.5390	2.5374	2.5405	2.5373	2.5394	2.0000	2.5428
47中	38	2.7661	2.7692	2.7692	2.7687	2.7695	2.7692	2.7682	2.7709	2.7711	2.7696	2.7697	2.7678	2.0000	2.7709
21中	46	3.4609	3.4624	3.4625	3.4614	3.0000	3.2271	3.4611	3.4633	3.0000	3.4649	3.4614	3.4635	2.1461	3.4654
知行	54	3.9933	4.0844	4.0853	4.0853	3.4472	3.9078	4.0850	4.0868	3.4481	3.9942	4.0857	4.0871	2.6165	3.9934
4中	57	4.0401	4.4243	4.4253	4.4257	3.4876	4.0181	4.4274	4.4282	3.4900	4.0388	4.4253	4.4261	2.9041	4.0391
双语	60	4.2629	4.7037	4.7030	4.7029	3.5545	4.2071	4.7032	4.7054	3.5580	4.2618	4.7039	4.7036	2.9665	4.2636
79中	131	6.8331	13.8299	11.6983	12.0170	4.9420	6.3888	13.6254	13.8176	4.9352	6.8098	13.8167	11.6910	3.7953	6.8000
格致	156	7.1487	18.2114	13.3381	14.0300	5.2739	6.9668	17.4228	18.1852	5.2718	7.1215	18.2129	13.3363	4.3667	7.1139
总计	800	51	70	63	64	45	50	69	70	45	51	70	63	38	51

图 11 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配模拟 10 万次平均结果图

2020年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配表(官方-10万平均)															
初中学校	指标到校总数	高中学校													
		1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1
31中	11	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
52中	11	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
新格致	12	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
45中	21	0	0	0	1	0	0	1	-1	1	0	0	0	1	-1
实验	22	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	-1
51中	26	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
50中	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
世纪	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
83中	32	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
49中	35	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	-1
47中	38	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
21中	46	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
知行	54	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
4中	57	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	-1	0
双语	60	1	-1	0	0	-1	1	0	0	-1	0	0	0	-1	0
79中	131	1	0	2	-3	-1	0	0	1	0	-3	1	-4	0	4
格致	156	1	9	4	-4	0	0	-3	2	0	-3	-3	-4	0	4

图 12 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配 10 万次模拟平均结果与官方发布结果差值图

(2) 三甲比五甲比讨论

从模拟 10 万次的指标到校名额分配平均结果来说，指标到校名额总数多的初中，平均分配结果中三甲高中和五甲高中的名额数占比更高。

根据表 16 可以观察到：沙河口区共有 19 所初中参与指标到校名额分配，其中 17 所初中指标到校总人数是小于等于 60 的。在模拟分配平均结果的统计中，这些学校的指标到校名额分配结果中三甲比稳定在 21.5%-23.5%之间，五甲比稳定在 35.7%-38.5%；另外两所初中 79 中和格致中学指标到校名额总数分别是 131 和 156，分配结果中两所中学的三甲比分别是 31% 和 35%，五甲比分别是 45.8%和 48.1%。格致中学分配到的三甲高中的指标平均名额数比 79 中高出 13.15，五甲高中的指标平均名额数高出 15.1。

10 万次的模拟平均结果排除了高中顺序的偶然性，说明“初中指标到校名额总数多，获得三/五甲高中的名额比例更高”这一现象是由大连市指标到校名额分配方案算法的设计机理

决定的。

表 16 10 万次模拟平均结果统计表

初中	2020 指标数	本学区人数	总人数	三甲统计		五甲统计	
				三甲指标数	三甲比	五甲指标数	五甲比
46 中	9	23	23	1.93	21.5%	3.21	35.7%
31 中	11	29	29	2.36	21.4%	3.93	35.7%
52 中	11	29	29	2.36	21.4%	3.93	35.7%
新格致	12	31	31	2.57	21.4%	4.28	35.7%
辽附二	17	44	44	3.65	21.4%	6.07	35.7%
45 中	21	55	55	4.50	21.4%	7.50	35.7%
实验	22	57	57	4.71	21.4%	7.86	35.7%
51 中	26	68	68	5.57	21.4%	9.28	35.7%
50 中	31	81	81	6.69	21.6%	11.15	36.0%
世纪	31	81	81	6.69	21.6%	11.15	36.0%
83 中	32	84	84	6.93	21.6%	11.54	36.1%
49 中	35	91	91	7.61	21.8%	12.69	36.3%
47 中	38	99	99	8.31	21.9%	13.84	36.4%
21 中	46	120	120	10.39	22.6%	17.31	37.6%
知行	54	141	141	12.26	22.7%	20.34	37.7%
4 中	57	149	149	13.28	23.3%	21.74	38.1%
双语	60	157	157	14.11	23.5%	23.08	38.5%
79 中	131	342	342	41.46	31.7%	59.99	45.8%
格致	156	407	407	54.61	35.0%	75.09	48.1%

(3) 波动性问题

以 4 中为指标到校名额总数较少的初中代表，以格致中学为指标到校名额总数较多的初中代表，统计 10 万次模拟仿真分配结果中，两所初中代表分配到的三甲高中名额数可能出现的结果。沙河口区 4 中三甲高中指标到校名额分配结果统计见图 13；沙河口区格致中学三甲高中指标到校名额分配结果统计见图 14。

2020 年沙河口区 4 中指标到校名额总数为 57，模拟 10 万次指标到校名额分配结果中，4 中的三甲高中指标到校名额数分配的结果稳定为 4 或 5。

2020 年沙河口区格致指标到校名额总数为 156，格致三甲高中指标到校名额分配结果出现 12-30 不等的情况，由于沙河口区分配到的三甲高中的指标到校名额总数均为 70，所以图 14 中分别代表格致中学三甲高中指标到校名额分配结果统计折线几乎是重合的。与 4 中相比，格致分配统计结果波动性较大；

对格致中学分配统计结果进行具体分析（见表 17）。分配结果中出现次数最多的是 13，其次是 15，平均结果约等于 18。再比较 2020 年官方发布的分配结果，格致中学三甲高中（8 中、24 中、育明）指标到校名额分别是 27，20 和 15。明显，一次的分配结果不只与 10 万次

的模拟分配结果平均值相差较大，与 10 万次中的高频结果相差也很大。

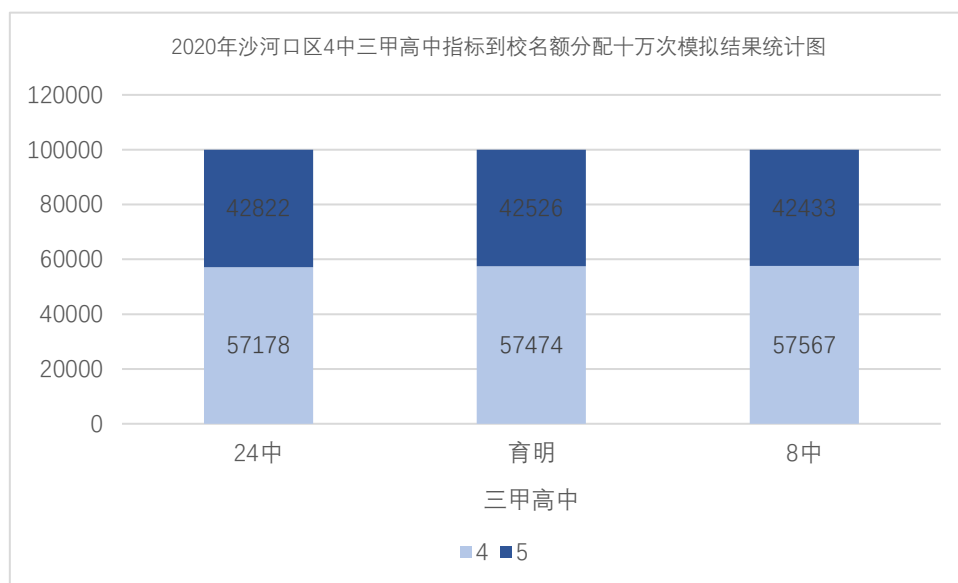


图 13 2020 年沙河口区 4 中三甲高中指标到校名额分配十万次模拟结果统计图

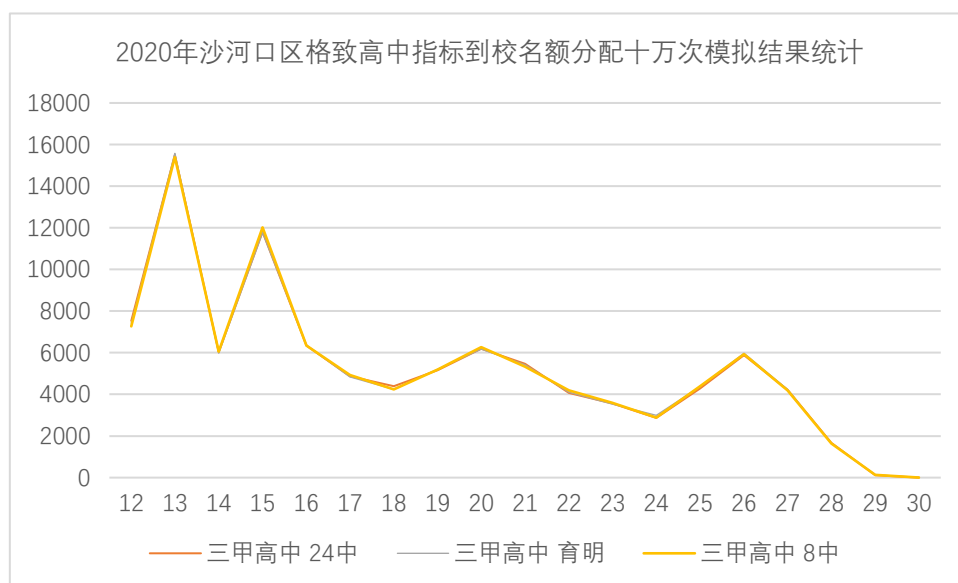


图 14 2020 年沙河口区格致三甲高中指标到校名额分配十万次模拟结果统计

表 17 2020 年沙河口区格致初中三甲高中指标到校 10 万次模拟结果统计表

结果	三甲高中		
	8 中	24 中	育明
12	7262	7536	7417
13	15396	15509	15581
14	6057	6034	5974
15	12014	11804	11778
16	6340	6345	6365
17	4931	4870	4835
18	4239	4386	4238
19	5189	5157	5201
20	6276	6196	6173
21	5336	5475	5425
22	4199	4075	4097
23	3587	3562	3537
24	2883	2875	2996
25	4398	4282	4384
26	5932	5877	5981
27	4194	4226	4239
28	1633	1668	1637
29	130	122	139
30	4	1	3
总计	100000	100000	100000
2020 官方分配结果	27	20	15
10 万次模拟平均结果	18.19	18.21	18.21

五、 总结与建议

（一）结论

根据实验仿真大连市 2020 年沙河口区中考指标分配的统计结果，可以得到以下结论：

（1）指标到校名额总数多的初中，分配结果中三甲高中和五甲高中的名额数占比更高，这种结果主要是由于大连市指标到校名额分配算法本身的设计机理所决定，与分配过程中的高中顺序是没有关系的。

（2）在随机高中顺序下，指标到校名额总数较少的初中，分到的高中指标数是稳定的；指标到校名额总数较多的初中，分到的高中指标数有一定的波动性。

按照大连市中考指标到校分配方案，在指标名额分配的过程中，涉及到高中休眠状态。由于三甲高中的指标名额总数是不变的，当初中指标名额总数较少的时候，该初中可能会在前几轮的分配过程中早早拿到满额指标数，完成分配并退出分配过程，因此分配到三甲高中名额的机会就相应减小了。同时，由于指标到校名额总数较少的初中参与的分配轮数少，较少

遇到高中休眠的情况，所以最后分到的高中指标名额数是稳定的。而初中指标到校名额总数越多，其参与的分配轮数就越多，能够有更多的可能分到三甲高中的指标名额，相同地，这样的初中参与的分配轮数较多，在整个过程中，遇到休眠高中的次数也会较多，分配到的最终指标名额数是不稳定的，存在一定的波动。

（二）对策

本文指标到校名额分配的研究内容详细解释了 2020 年大连市中招政策中指标名额的“电脑派位”过程，结论中提到大连市现行政策下指标名额分配存在算法上的不足，导致符合“指标到校”政策条件的初三毕业生在人数较多的初中里更有升学优势。

为了发挥中考招生考试政策的导向作用，大连市有关部门一直在积极寻求政策改革的方案细节，为此大连市教育局在 2020 年秋季出台了征求意见稿^①。意见稿中明确提出中招政策的目标和任务是建立并完善符合市情的高中阶段学校考试招生制度，形成分类考试、综合评价、多元录取的考试招生模式。对指标名额分配方法的改革内容主要是：将市内五区省级示范性高中招生计划数中用于指标到校录取的名额比例由原来的 70% 提高至 80%。具体分配方法是：基于按比例计算出的各区分得的每一所示范性高中的指标生数，先将各初中学校学区人数计算出的结果整数部分直接分到各初中，再将计算结果的小数部分整体汇总采用“电脑派位”办法分配到各初中。改革内容另外包括扩大指标到校分差和增加指标到校平行志愿。此次改革的目的在于让弱校能够真正充分地利用分配到的指标，以此促进教育资源公平分配，鼓励家长不择校、降低抢学热，推进区域间、校际间义务教育优质均衡发展。

（三）不足与展望

指标到校实现教育均衡发展是国家的既定政策，本文的研究内容主要针对大连市内五区省级示范性高中指标分配到校的名额结果数据。同时文章存在一些局限性：没有指标名额分配到校后如何分配到学生个人的具体探讨，没有研究最大分差下，传统名校的统调情况对指标落实结果的影响。因此，希望以后的研究中可以参考往年数据具体分析指标到校名额分配到个人；另外随着大连市人口的迁移，关于来连人员随迁子女中考时享受省市级示范性普通高中指标到校录取政策的实施也逐渐成为社会焦点问题，未来的方向可以专注于定义随迁子女是否符合“指标到校”政策的条件；同时，随着每年大连生源和入学人数的增多，为了“扩增教育普惠资源”，从 2019 到 2020 年市内五区逐步公布了大批公办院校包括幼儿园小学以及初中，因此，在未来的研究中，关于新增初中对大连市内五区“指标到校”政策实施结果的影响研究也具有重要意义。

^① 《大连市初中学业水平考试和高中阶段学校招生改革实施意见（征求意见稿）》

附录 A

本节主要介绍了 2020 年沙河口区各初中省级示范高中分配过程中参照的高中随机顺序的推导过程。

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗	总计
46中	9				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		9
31中	11	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		11
52中	11	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		11
新格致	12	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		12
辽附二	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	17
45中	21	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	21
实验	22	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	22
51中	26	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	26
50中	31	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	31
世纪	31	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	31
83中	32	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2	32
49中	35	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2	35
47中	38	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	38
21中	46	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	2	3	46
知行	54	4	4	4	5	3	4	4	4	3	4	4	5	2	4	54
4中	57	4	4	4	5	3	5	5	4	3	4	5	5	2	4	57
双语	60	5	4	5	5	3	5	5	5	3	4	5	5	2	4	60
79中	131	8	14	14	9	4	6	14	15	5	4	15	8	4	11	131
格致	156	8	27	17	10	5	7	14	20	5	4	15	9	4	11	156
总计	800	51	70	63	64	45	50	69	70	45	51	70	63	38	51	800

图 A.1 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额官方分配结果图

根据 2020 年官方发布的 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配结果(见图 A.1) 进行推导: 首先满额的初中学校为 46 中, 共有 9 个指标名额, 可以确定随机高中顺序的前 9 所为 12 中、13 中、20 高、23 中、36 中、48 中、育明、辽附、理附; 接下来满额的初中学校为 31 中和 52 中, 与 46 中比起来, 这两所初中另外获得了 1 中和 24 中的指标名额; 依此分析, 新格致中学比 31 中和 52 中另外多获得了高中 11 中的指标名额; 至此我们可以获得的高中随机顺序为: <12 中, 13 中, 20 高, 23 中, 36 中, 48 中, 育明, 辽附, 理附>→<1 中, 24 中>→11 中→<8 中, 红旗>。

我们在最终分配结果上减去第一轮分配的结果, 见图 A.2。

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新格致	12	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
45中	21	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
实验	22	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
51中	26	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
50中	31	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1
世纪	31	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1
83中	32	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1
49中	35	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1
47中	38	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
21中	46	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	1	2
知行	54	3	3	3	4	2	3	3	3	2	3	3	4	1	3
4中	57	3	3	3	4	2	4	4	3	2	3	4	4	1	3
双语	60	4	3	4	4	2	4	4	4	2	3	4	4	1	3
79中	131	7	13	13	8	3	5	13	14	4	3	14	7	3	10
格致	156	7	26	16	9	4	6	13	19	4	3	14	8	3	10

图 A.2 第一轮指标名额分配结束后的结果图

在第二轮分配开始前, 我们能明显观察到, 根据辽附二的数据可知: 先参与分配高中是 48 中、辽附、理附; 根据 45 中的分配结果可知, 接下来的高中顺序为: 12 中、13 中、23 中、36 中; 再根据实验中学的分配结果知: 下面的高中顺序为育明中学; 根据 51 中的数据结合

第一轮的顺序结果，可知，在接下来参与分配的高中顺序为：20 高，1 中、24 中、11 中；最后顺序为 8 中和红旗。

第二轮名额分配完毕，我们得到的高中随机顺序为：〈48 中，辽附，理附〉→〈12 中，13 中，23 中，36〉→育明→20 高→〈1 中，24 中〉→11 中→〈8 中，红旗〉。

在图 A.2 的基础上减去第二轮指标分配的名额，见图 A.3。

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新格致	12	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45中	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
实验	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51中	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50中	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
世纪	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
83中	32	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
49中	35	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
47中	38	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
21中	46	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	0	1
知行	54	2	2	2	3	1	2	2	2	1	2	2	3	0	2
4中	57	2	2	2	3	1	3	3	2	1	2	3	3	0	2
双语	60	3	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3	3	0	2
79中	131	6	12	12	7	2	4	12	13	3	2	13	6	2	9
格致	156	6	26	15	8	3	5	12	18	3	2	13	7	2	9

图 A.3 第二轮指标名额分配结束后的结果图

根据图 A.3 进行推导。首先，我们判断未满足的初中学校个数为 11，由于高中理附的剩余指标数为 4，故理附在本轮名额分配中为休眠状态。结合第二轮推导的高中随机顺序：首先根据 50 中的名额分配结果，前三位高中顺序为 48 中、辽附、理附，第四位高中顺序为 12 中；由 83 中和 49 中的分配结果知：23 中、36 中的顺序在 13 中之后；在接下来的顺序于第二轮的推到顺序是一样的。第三轮名额分配结束后可以推导出的高中顺序为：〈48 中，辽附，理附〉→12 中→13 中→〈23 中，36 中〉→育明→20 高→〈1 中，24〉→11 中→〈8 中，红旗〉。

在图 A.3 的基础上减去第三轮指标分配的名额，见图 A.4。

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新格致	12	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45中	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
实验	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51中	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50中	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
世纪	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83中	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49中	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47中	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21中	46	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
知行	54	1	1	1	2	0	1	1	1	0	1	1	2	0	1
4中	57	1	1	1	2	0	2	2	1	0	1	2	2	0	1
双语	60	2	1	2	2	0	2	2	2	0	1	2	2	0	1
79中	131	5	11	11	6	1	3	11	12	2	1	12	5	2	8
格致	156	5	25	12	7	2	4	11	17	2	1	12	6	2	8

图 A.4 第三轮指标名额分配结束后的结果图

根据图 A.4，首先判断出理附、13 中、36 中进入休眠状态。根据以上的规律进行推导：得到的高中顺序和第三轮是一样的：〈48 中，辽附，理附〉→12 中→13 中→〈23 中，36 中〉→育明→20 高→〈1 中，24 中〉→11 中→〈8 中，红旗〉。

在图 A.4 的基础上减去第四轮指标分配的名额，见图 A.5。

在图 A.5 的基础上减去第五轮指标分配的名额，见图 A.6。

分析第四轮和第五轮指标名额分配过程，得到的高中随机顺序均为：<48 中，辽附，理附>→12 中→13 中→<23 中，36 中>→育明→20 高→<1 中，24 中>→(11 中)→<8 中，红旗>，即 2020 年沙河口区各初中省级示范高中指标到校名额分配参照的高中随机顺序。

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				0	0	0	0		0	0	0	0	0	
31中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新格致	12	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45中	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
实验	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51中	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50中	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
世纪	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83中	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49中	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47中	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21中	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
知行	54	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4中	57	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
双语	60	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0
79中	131	4	10	10	5	1	2	10	11	2	0	11	4	2	7
格致	156	4	24	11	6	2	3	10	16	2	0	11	5	2	7

图 A.5 第四轮指标名额分配结束后的结果图

	初中需要名额	1中	8中	11中	12中	13中	20高	23中	24中	36中	48中	育明	辽附	理附	红旗
46中	9				0	0	0	0		0	0	0	0	0	
31中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52中	11	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新格致	12	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
辽附二	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45中	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
实验	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51中	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50中	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
世纪	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83中	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49中	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47中	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21中	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
知行	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4中	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
双语	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79中	131	3	9	9	4	1	1	9	10	2	0	10	3	2	6
格致	156	3	13	10	5	2	2	9	15	2	0	10	4	2	6

图 A.6 第五轮指标名额分配结束后的结果图

主要参考文献

1. 赵冬冬、朱益明,“试论如何实现公平而有质量的基础教育”,《中国教育学刊》,2020年第7期。
2. 李兵、张成林,“中小学教育资源分配不均引起的社会问题管窥”,《社科纵横》,2020年第3期。
3. 李明桥,“教育发展水平与机会公平性省际差异研究”,《统计与信息论坛》,2019年第12期。
4. 张颖,“基于BP神经网络的义务教育资源配置均衡发展测评模型的构建研究”,《信息通信》,2018年第10期。
5. 洪梦茹,“哈尔滨市郊县义务教育资源配置评价及优化对策研究”,哈尔滨工程大学,2018年。
6. 陈辉,“合理分配优质普通高中招生名额——“指标到校”比例实证研究”,《湖北招生考试》,2018第1期。
7. 张羽、覃菲、刘娟娟,“十年教育均衡之路——对高中名额分配招生政策效果的自然实验研究”,《清华大学教育研究》,2017年第5期。
8. 梁好,“中考招生指标到校难以推进教育公平”,《教学与管理》,2017年第4期。
9. 孙巧卓,“双鸭山市城乡义务教育均等化政府对策研究”,黑龙江大学,2016年。
10. 侯耀先,“目前“择校热”问题的症结分析”,《宝鸡文理学院学报(社会科学版)》,2016年第6期。
11. 张旭,“北京市“指标到校”政策实施的问题与对策”,《上海教育科研》,2015年第3期。
12. 赵琦,“基于DEA的义务教育资源配置效率实证研究——以东部某市小学为例”,《教育研究》,2015年第3期。
13. 郑磊、王思檬,“学校选择、教育服务资本化与居住区分割——对“就近入学”政策的一种反思”,《教育与经济》,2014年第6期。
14. 王少峰,“义务教育公平研究文献综述”,《经济社会体制比较》,2014年第3期。
15. 魏红梅,“利益博弈下的“指标到校”政策执行研究”,《教学与管理》,2013年。
16. 何占磊,“教育资源优化配置模式探析”,《黑龙江高教研究》,2013年第9期。
17. 冷德俊,“985高校资源投入产出效率研究”,广东外语外贸大学,2013年。
18. 张芬,“基于DEA方法的中部地区普通高等教育资源配置效率分析”,长沙理工大学,

2012 年。

19. 杨公安, “县域内义务教育资源配置低效率问题研究”, 西南大学, 2012 年。

20. 徐丰华, “从计划到市场: 论我国高等教育资源配置的转型”, 湖南师范大学, 2011 年。

21. 黄钰、柳寅, “基于模糊粒子群算法的高等教育资源配置”, 《微计算机信息》, 2011 年第 10 期。

22. 曹忠正、陶美重, “建国以来我国高等教育资源配置方式比较分析”, 《天中学刊》, 2010 年第 3 期。

23. 刘欣, “由教育政策走向教育公平”, 华中师范大学, 2008 年。

24. 石中英, “教育公平的主要内涵与社会意义”, 《中国教育学刊》, 2008 年第 3 期。

25. 姚建慧, “高中“指标到校”招生政策分析”, 东北师范大学, 2008 年。

26. 张绘, “我国义务教育校际资源分配不公平现象的现状、原因及对策”, 《教育发展研究》, 2007 年。

27. 胡仁东, “权力与市场: 两种高等教育资源配置模式”, 《高等工程教育研究》, 2006 年第 2 期。

28. 褚宏启, “关于教育公平的几个基本理论问题”, 《中国教育学刊》, 2006 年第 12 期。

29. Hope Bradly Hnat et al, “Distributive Justice and Higher Education Resource Allocation: Perceptions of Fairness”, *Innovative Higher Education*, January 2015.

30. Robert H. Haveman, Barbara L. Wolfe, “Schooling and Economic Well-Being: The Role of Nonmarket Effects”, *The Journal of Human Resources*, March 1984.

后 记

本科四年，俯仰之间，青春的校园生活逐渐接近尾声。在大学的日子里感谢老师和同学们的陪伴，丰富多彩的校园活动使我收获颇丰。学习的过程中不只有课堂上老师们传道授业解惑，也有同学们在课程上的帮助与陪伴，对本科专业的学习不仅限于理论知识，更多的是学习掌握研究方法和培养自主学习的能力。

有幸在毕业季成为了我的导师朱晗教授所带的第一个本科毕业生。这个寒假，从专业内容的指导，到论文的开题、内容撰写以及后续修改，朱晗老师一直积极地给予我帮助和鼓励，让我从一个论文小白逐渐成长并顺利地完成了这次毕业写作。朱晗老师学术科研态度严谨，理论知识深厚渊博，待人接物坦诚风趣，在跟随老师科研的过程中，我不仅得到了专业上的指导，也得到了生活上的帮助。在此，谨向恩师朱晗致以我真挚的感谢！

青春成长的过程中不只有学习生活，更多的是宿舍生活，在此要特别感谢我的两个室友，陪我走过了四年美好时光，希望我们未来的日子一起走花路。

最后，感谢我求学路上坚实的后盾——我的家人们，一直无条件给予我鼓励和支持，希望未来能够成为你们的骄傲。

指导教师评语

该生认真完成毕业论文，在准备论文过程中遇到了一些困难，都能积极调整并且乐观面对，主动寻找解决方案，并顺利攻克难题。目前所形成的论文，兼具理论和实践两方面贡献：理论方面，论文采用随机实验的方法，对大连市中考“指标到校”政策分配算法进行仿真模拟，所采用的随机仿真方法在学术界具有很高的认可度，是解决复杂系统问题的常用方法，本文将其应用在大连市中考“指标到校”政策研究上，具有一定理论推广意义；实践方面，本文所研究的问题，针对大连市中考“指标到校”政策，直击社会民生热点话题。同时，论文得到的一些重要结论，具有较高的指导价值，为相关决策者制定政策提供了重要启示和理论依据。本科生毕业论文，能够严格按照学术界科学研究范式，采用标准的研究方法，深入分析生活中所切实存在的热点问题，并得到具有很强实践意义的结论，实属不易。

论文与学生提交检测的论文电子版终稿是否一致
 是 否

建议评定成绩： _____ (分数)

指导教师： _____ (手写签字) _____ 年 _____ 月 _____ 日

学院答辩机构意见

第 _____ 答辩组主席： _____ (签字) _____ 年 _____ 月 _____ 日