

全健康理念下未来营养学——智能营养学

姚迪熙

F1803303 518021910367

计算机科学技术系

Jimmyyao18@sjtu.edu.cn

The paper is based on the theory of combining nutriology and medicine with computer science and artificial intelligence. The paper seeks out the possible innovative research directions. In the paper, three probably feasible and practical study directions are proposed. Besides, experiments and solutions are carried out to verify these ideas. Then the paper also discusses these directions with the circumstances of COVID19.

1 Introduction

本文章立足于“在营养学和（或）食品安全学领域中，立足于“医工交叉”的创新模式，你认为未来可以开展哪些科学研究项目或工作？”问题，进行一定的思考与探讨。并同时对于“全健康理念下，基于自身专业如何进行流行病学与本专业跨学科合作”问题也做出了一定的相关回答。本文以此两问题作为主要指导进行了一定思考。如今营养学，食品安全领域引起了越来越大的关注，而全健康理念也被越来越多的公众知晓支持。计算机行业的蓬勃发展，将在过去许多难以解决的问题，用快速的方法给出了合理的解决方案。随着互联网人工智能大数据领域的时代，本文立足于医 + 工（人工智能）的方向，提出新的创新方向，探讨在未来可能的科学研究项目与工作。本文章探讨了目前的热门领域，并提出了如何切实有效的将医学问题和机器学习领域进行有机的结合，并给出了合理的案例，对于部分问题，本文章开展了相关的研究工作并给出了实际的案例。除此之外，本文也结合当下的热点时事新型冠状病毒，全民“抗疫”，探讨了所提出的科学研究在热点环境下的效用。并探讨了在热点环境下营养学和计算机领域的优势。

本文的主要贡献如下

- 回答了医工交叉的问题。
- 对于提出的创新模式和科研方向，做出了实验结果进行呈现，对于这些方向有合理的结果支撑。
- 结合时事热点，当下疫情环境下，进一步探讨研究方向。

本文的组织结构如下，第二部分介绍了相关的工作，第三、四部分给出了新的可能研究方向，第五部分是总结。

2 Relate work

如今随着社会发展，营养学和现代医学迎来了新阶段，新机遇与新挑战。在 [18] 中提到了新营养一词，并对此概念进行了一定的解释与阐述。如今人类又迎来了越来越多的难题，营养学的问题

也逐渐变为多领域问题，而新的机遇也随之而来。[19] 介绍了临床营养学模型，提供了一种可行的方案。简而言之，公共卫生和营养学正在进一步的发展。

现如今食品安全和人们的健康有越来越被关注，[10] 中提到了食品安全问题也是一个严重的问题，关乎人类的健康与安全。[17] 非常详实的提到了中国人口的疾病问题，从 1990-2017 年对于常见疾病进行了评估，可以得到结论在 2017 年（伤残调整生命年）脑卒中和缺血性心脏病是中国全国范围内的主要死因。老式标准化中风、缺血性心脏病、肺癌、慢性阻塞性肺病和肝癌是五大疾病，而除此之外中国民众也受到其他公共性疾病的困扰。中国的公共卫生和医学健康问题任重而道远。因而如何使得人们更好的生活，也是当今全健康理念下的一个重要议题。如何去更营养的生活，如何去更健康的生活，如何保障食品安全，公共卫生问题都是应当关注的议题。

随着生活质量的提高，人们在日常生活中会有许多的问题。比如在 [11] 中提到一个我们日常生活中经常会遇见的问题，睡眠修复问题，睡眠问题如今越来越严重，日益剧增的学习和工作压力，使得人们的工作恢复问题也逐渐加重。文章用了合理的方法，分析了膳食营养和该问题之间的联系。对于有睡眠问题的群众，有更高的膳食频率，更高的快餐食用量，糖类消耗。而特别是男性，拥有较低的蔬菜水果消耗。可见营养与生活可以说是几乎息息相关，大家对营养学的关注也越来越多。在 [12] 中也提到了水果和蔬菜的重要性，通过营养学分析方法考察了美国本土土著印第安人 Navajo 人的营养成分，考察他们的膳食结构中如何分配水果和蔬菜，以及它们的重要性。

为了进一步研究医学与营养学信息科技的力量也逐渐在此领域焕发出生命力。[15] 中提到健康的生活在一定程度上取决于饮食行为。促进健康的饮食习惯的一种方法是营养教育，而互联网对于促进营养教育有着很大的作用，通过互联网进行宣传进而加强教育。再比如 [16] 支付宝的智能手机问答游在中国食品安全宣传周活动期间取得空前成功。智能手机应用与软件开发取得了很大成功。本文除了常规的信息技术比如互联网行业，软件应用指导教育宣传，以及大众较多使用的互联网 +，区块链技术。立足于另一个新起的计算机领域，人工智能与大数据领域，着重探讨了如何有效的利用机器学习和人工智能大数据的优势，结合多学科领域交叉。挖掘在营养学，食品安全，公共卫生和医学领域的有可能的方向并给出一定的案例与解释。

3 机器学习在营养学中的应用

随着大数据时代的到来和机器学习的蓬勃发展，有效利用人工智能可以指导人们更加健康的生活管理，能够更便于专业医生给出更合理的营养学管理方案。本文章从几个比较热门的机器学习领域分析挖掘营养学和人工智能结合的未来发展方向。

3.1 神经网络指导营养学论题

卷积神经网络 (CNN) 如今已经取得了巨大的进步。随着图像识别的发展，许多领域都借助计算机人工智能的办法处理大范围的目标检测，图像分类，图像分割任务。在无人驾驶 [1]，计算机指导医疗诊断比如 Unet [2]，人脸识别安全支付等等。而在食品安全和营养学领域相关研究比较少。在食品领域快速的图像识别可以通过检测食源性中毒危险，食品安全等级以及食品所属类别，所属品类，营养成分流失程度，营养含量等等。对于食品安全，营养规划都有合理的帮助。

我们知道在进行图像处理任务的时候，有监督学习算法都需要依赖数据集。因此食品的营养分类，营养学相关的数据集标注打分，需要营养学专家来完成，构造合理充分科学的数据集，而接下来的任务便可以放心的交给机器学习来完成。

本文章以数据集 **Food-101** [4] 为例，该数据集涵盖了在 foodspotting.com¹上的 101 类的来源于真实环境的常见食品。数据集总共拥有 75750 张训练图片而每一类验证集的图片则拥有 250 张图片。

本文章基于目前在该数据上最优秀的模型，在 [3] 的基础上对食品分类进行了复现，完成了食



图 1: Food101 数据集随机采样图片

品分类与识别的任务。在文章中，采用 WISeR 的方法能够将准确度提升到 90.27%，平均准确率达到 88.27%，本文采用了相似的方法构建残差网络，并使用 wide-slice 的特殊结构神经网络，在单卡 Nvidia GTX 1080Ti 的硬件条件下对网络进行训练。在训练的过程中可以对图像识别，并从中获取图像的特征，在对于营养学或者临床医学的研究过程中，可以通过神经网络剪裁出在神经网络传递过程中的图像，获取有计算机图像提取到的特征或者是学习到的特定模式，更加好的指导专家对于食品或者是其他图像的研究，筛选出其核心的内容。

接下来是对于复现的实验结果，图 1 是对于数据集 Food101 进行随机采样的图片，图像进行了统一的裁减，将图片放置到了 400×400 的像素点数大小。可以看出图片均是来源于实际并具有多样性，从而说明了数据集的多样性可靠性。图 2反映了 WISeR 网络学习图像识别训练的过程，图中蓝线表示训练过程中在训练集上的准确度的表现，而红线表示训练过程中在验证集上的表现。最终的

¹<http://www.vision.ee.ethz.ch/datasets/food-101/>

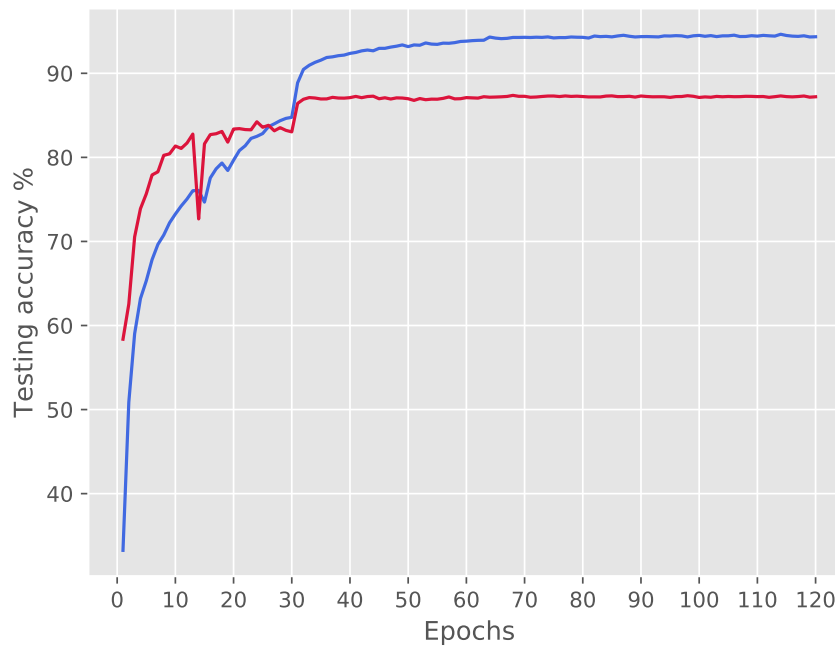


图 2: WISeR 实验复现结果

训练结果可以看见神经网络已经很明显的收敛了，表示已经训练完全。复现实验在验证集上最终达到的最高准确率 **87.37%**，基本符合表现。从复现结果可以看，在这么庞大的数据集上，有 7 万多张图片，计算机依旧能够保持比较优秀的识别准确率。因而将机器学习，神经网络图像识别的方法引入营养学的研究中是有前景的也是可行的，能够借助计算机的快速推理能力，帮助专家解决问题。

除此之外，在食品安全、营养学领域有的时候食品的安全与否并不能直接通过图像来反映，而需要更进一步的进行药理学，化学的检测，测定里面的成分可靠性。而自动化的发展，使得检测工序能够更加高效地执行。当获得食物的检测指标以后，便可以借助循环神经网络（RNN）来进行快速科学的分析，能够在最快速的时间内，给待检测的物品提供合理的评估。

此外，除了食品本身的营养，人体营养和公共营养也是很重要的研究问题，RNN 在语义识别上有很大的成功，因此如何合理的将公共营养公共卫生这样还有社会学问题的论题借助 RNN 来完成也有很大的前景。有相关学科的专家对于特定的一些案例，再由计算机对于小数据集体量的案例进行学习，特别是像 Long Short-term Memory (LSTM) [5] 模型，能够对于研究对象同时学习到与当前时间序列距离较远的特征，也能够学习到和当前时间序列较近的特征，因而在对于新营养学这样一个跨越领域非常广，三位一体（生物学，社会学和环境科学）的学科有较好的指导意义。因为多学科交叉，使得之间的联系是问题探讨的一个关键问题，而计算机可以通过大规模参数的学习去发现这些隐式的关系。

3.2 借助强化学习辅助相关实验开展

上一节我们讨论了，神经网络与营养学，食品卫生领域的结合性。但是深度学习往往伴随的是有监督的学习，需要大量的数据量，更关键的在与这样大的数据量需要有预先设定好的标签，在提供数据集（含有标签或者人工筛选过的大数据）的时候会产生非常大的开销。而有些问题，例如营养调研与评价，食物与营养的政策和法规，很难去进行这样一个大规模的人工标注。但是幸运的是我们有两个强大的工具，即使在没有实现给定的大规模数据集的情况下，也可以实现预测能力工具，蒙特卡罗模拟和强化学习。强化学习 Reinforcement learning (RL) 已经在各大领域有了广泛的应用是对于事物预测目前最强大算法群。蒙特卡罗模拟在经济学，统计学，市场模拟取得了优秀成果，特别是在医学领域也有很多效果，特别是模拟医学实验，因为即使是在临床实验阶段也是有一定的实际风险的，因此计算机可以在实验室阶段提供更好的模拟指导。例如对细胞生长的模拟 [7]，对于医学实验的后果的模拟提前预知 [8]。

本文章将膳食结构与膳食指南问题 [9] 作为例子，转化成马尔科夫过程的形式，并给出可行的强化学习方案。膳食问题可以写为如下马尔科夫式

$$M = \langle S, A, P_{s,a}, R \rangle$$

并作逐一阐述 $s \in S$ 是个人当日膳食状态，表示当日个人在进行膳食以后，身体所处的状态评估 $a \in A$ 是个人膳食情况的实例，表示一个动作为个人当日进行了膳食活动与可能的体育运动。包含个人日常摄入的每一类食物的摄入量，以及个人当日的运动量。转移模型 $T(S, a, S') \sim P_r(s|s', a)$ ，这里的 P_r 表示个人在采取膳食以后，身体状态从目前状态到下一个状态的变化概率。 R 是表示对于当前个人的膳食状态的评估，主要参考的标准可以参考膳食指南提出的金字塔模型，也可以使用其他合理评估方式进行打分。最后还包含一个政策 (policy) $\pi(s) \rightarrow a$ 表示对于当前的状态提出一个合理的膳食建议和指南。

以上是量化的马尔科夫问题，在确定具体的马尔科夫问题中的变量以后就可以使用强化学习的框架，在强化学习中也有不同的框架包含 Value based RL 仅仅对于膳食结构给出评价，也有 Policy based RL 可以用于解决评估膳食结构并给出合理指南的问题。在这个场景下我们不需要预先含有的数据集，只需要用户每天上传自己的膳食情况和运动情况，有一个中心的服务器去收集用户的情况，在由专家对一定的样本进行评估，就可以实现问题的解决。当然如何选取合理的强化学习模型，用那种强化学习模型解决问题，以及专家如何打分， R, S 如何确定还是一个有前景而又有难度的问题。

3.3 大数据分析营养问题

当今全球营养问题严重，各地营养分配不均衡，有的地区营养过剩导致了非常严重的肥胖问题，而有些地区则有严重的营养不良问题。我们需要能够更合理的分析各个地区的营养问题分配，指导如何快速解决世界各地的超重肥胖问题，营养不良问题。如今随着大数据的发展，能够更事实有效的获得世界各地的营养资源分配的数据，统计出世界各地营养成分的资源分配。通过大数据处理和可视化呈现，能够更直观的展现世界各地的营养资源情况，也能够更有效的更快速的指导专家采取

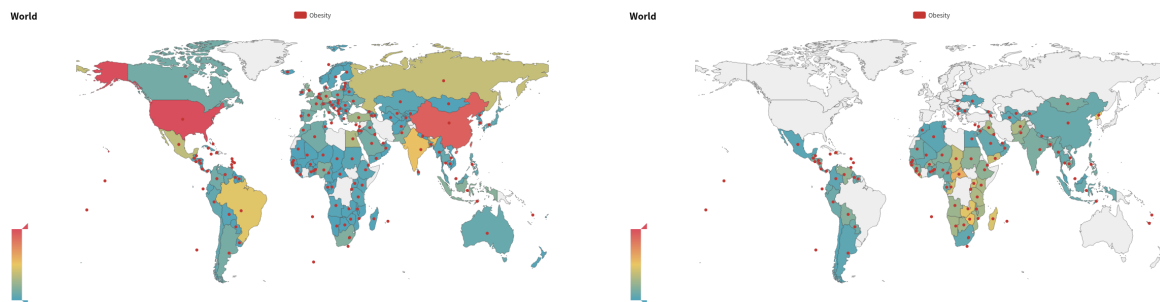


图 3: 世界超重与营养不足人口分布情况（左图：超重人口，右图：营养不足人口）

措施并提出解决方案。

本文章仅仅一小例来呈现庞大的数据体系，是如何提供全球营养问题的解决方案。本文章采取

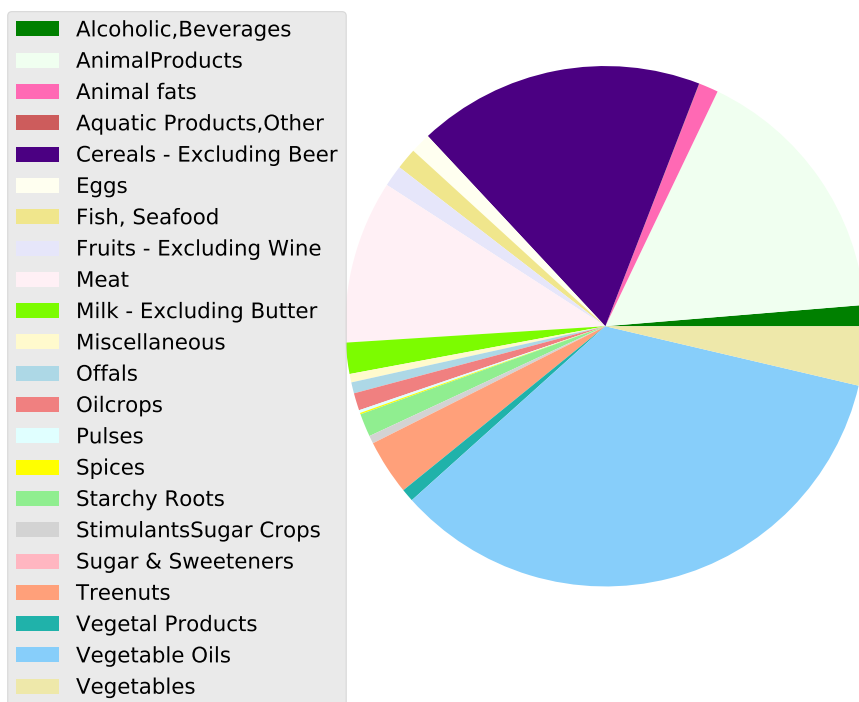


图 4: COVID-19 期间中国人均膳食情况

了全球数据公司 kaagle 公司所提供的 COVID-19 Healthy Diet Dataset² 数据集为例，提供展示。该数据集收录了 170 个国家人口数量，以及人均各个食物的摄录量（本文章采取单位 kcal/（人·月）），以及国家人口超重和营养不良的人口比例（%），除此之外还有这次疫情期间确诊，疑似，死亡等人数比例（次部分不作为本节探讨内容）。

²<https://www.kaggle.com/mariaren/covid19-healthy-diet-dataset>

第一部分，通过大数据分析世界各人口的健康情况。通过 Python 绘图我们可以从图 3 中清晰的看出来世界上的超重人口和营养不足人口的分布，非常直观的了解到现在世界各地营养分布情况。例如我们可以从图中非常明了的发现我国的超重人口仅仅次于美国，但是却也有相当的营养不足人口，从而能够更好的指导相关部门作出相关的规定准则，和合理的资源分配。

第二部分，借助大数据计算世界各地人口的各类食物资源摄入占比。该数据集提供了各类食物的资源包括含酒精的饮料、动物产品、动物脂肪、水产品、其他谷物、啤酒、鸡蛋、鱼、海鲜、水果、肉、牛奶、黄油、杂碎油、料作物、豆类、香料、淀粉、兴奋剂、糖料作物、糖和甜味剂、坚果类、蔬菜产品、蔬菜油、蔬菜等等，通过大数据计算可以统计处各国人民的食物摄入情况。如图 4 所示，反映了疫情期间中国人均膳食的情况，直观的展示了疫情期间中国人膳食的比例，可以很明显的从图中看出植物油的占比是最高的，这是很符合事实的。因为中国人吃东西喜欢吃炒菜，家家做饭几乎没有不用食用油的，因此植物来源的油的消耗量是最大的。同样的谷物的占比也是非常高的，因为我们吃的是粮食是水稻和小麦。当然从中也可以反映出一些膳食的问题，合理的膳食中在膳食金字塔中谷物的占比应该是最大的，而像肉类，动物制品，油应该尽量少量的摄入。但是从图中可以看出谷物和动物制品的摄入量基本相同，这是一个不太好的现象。通过大数据和可视化资源可以很直观的对一些问题进行分析。

又比如我们可以借助数据科学的手段取具体分析某一类食物在世界各国人民之间的摄入分配，

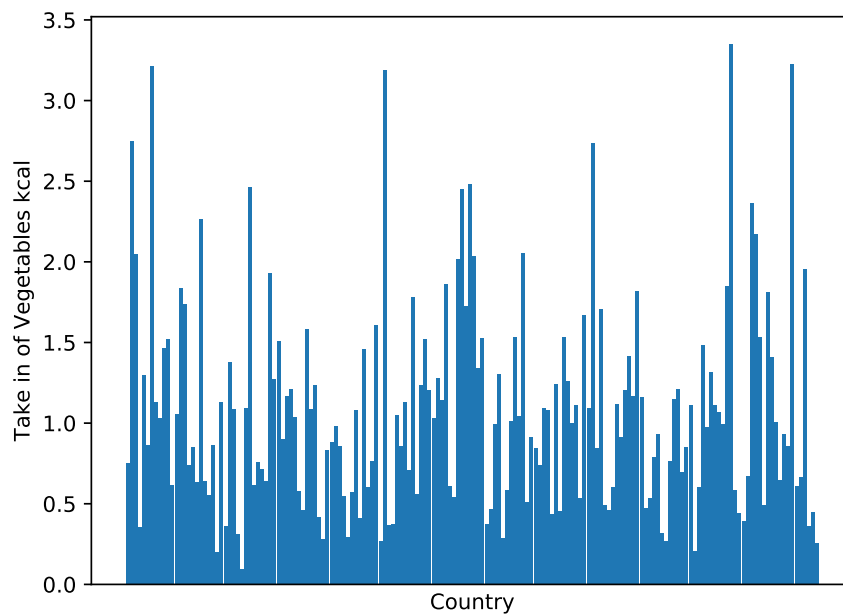


图 5: COVID-19 期间世界各国人均蔬菜摄入量

比如图 5 展示了世界各国人民对于蔬菜的摄入量，从图上可以直观的看出世界各国对于蔬菜，这一健康食品的摄入有着极度的不平衡，有的国家，可以享受很多的该资源，而有的却很少。通过数学

计算，最少的国家只有人均 0.0957 千卡/月的摄入量，而最高的国家则达到 3.3524 千卡/月的人均者摄入量，是最少国家的 36 倍。平均世界人均的摄入量也只有 1.086 千卡/月，而标准差却有 0.646 千卡/月如此之多，足够反映各国营养摄入的不均衡。

从以上两个小示例我们可以看出数据科学和大数据统计分析可以很快的将繁杂的数据进行规整统计，并且以可视化图像的形式将结果直观的展现给大众，因此在指导营养学食品卫生学，大规模医学，群众健康等多元方面都有着极其大程度指导辅助作用。

4 新冠疫情下的进一步探讨

[13] 中提到，研究者对于疫情期间的老年患者进行了营养学分析，发现大量的老年患者具有营养学问题。使用营养风险筛查工具 (NRS) 检测了这些老年人的身体情况。通过分析，可以更好的在新冠疫情期间对于病人有合理的评估，并做出更好的治疗方案。而在实现的过程可以看到，数据分析和计算机辅助分析发挥了很大的作用，通过计算机的大数据处理可以量化各个成分的比重，进行更好的量化分析。[14] 提到，在对于新冠疫情的抗击过程中，不仅是一线的奋斗，社区的公共卫生也是非常重要的一环。抵抗疫情需要人的抵抗力，康复能力，以及同时心理和生理的健康。而在此之中食物的营养，也是很重要的一个组成部分。特定的营养素或营养素组合可能通过激活免疫系统影响免疫系统的细胞，修改信号分子的产生和基因表达。此外，饮食成分是肠道微生物的重要决定因素组成，因此可以塑造特征体内的免疫反应。营养缺乏能量、蛋白质和特定的微量元素是与免疫功能低下和增加易受感染性有关的。摄入充足的铁、锌。和维生素 A、E、B6 和 B12 有助于免疫功能的维持。可见在疫情期间，营养学和公共卫生也是有着极其重要的地位，也是实现抗疫成功的一大重要力量。

而在这次疫情期间，计算机和网络科技的力量也十分的强大，最著名的莫过于约翰霍普金斯大

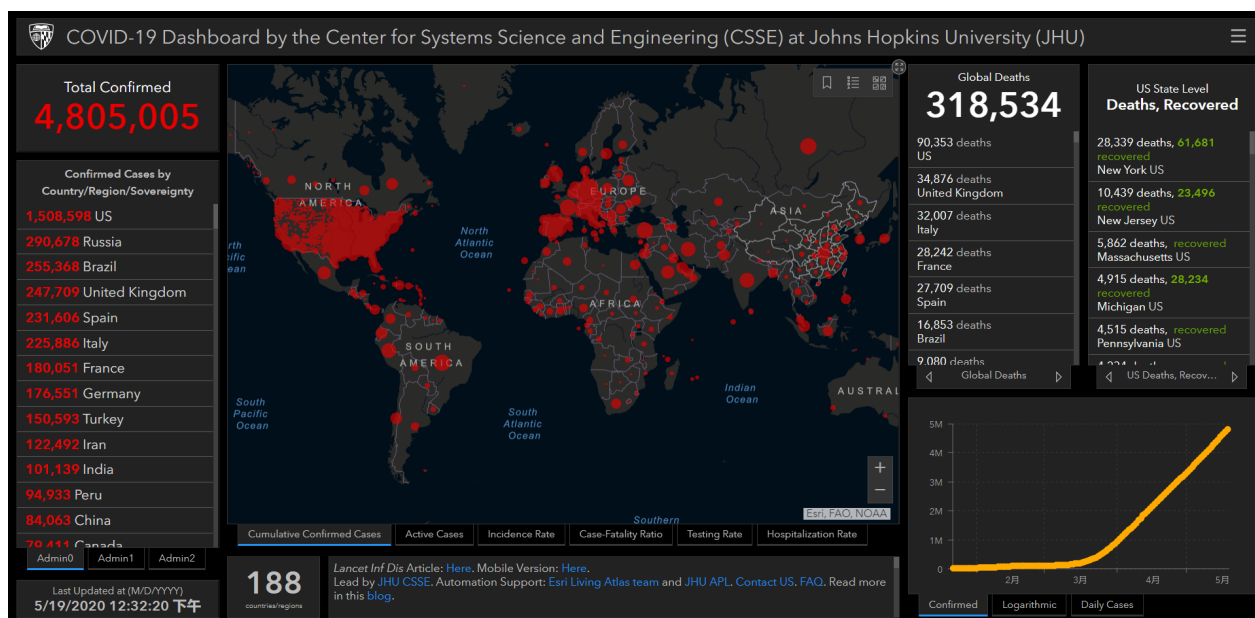


图 6: 约翰霍普金斯大学疫情可视化地图

学的可视化疫情地图 [20](图 6)³。除此之外,在疫情期间物流服务,高效的信息实时推送,以及各类资源的发放,都有计算机行业的力量。

多家人工智能独角兽公司都贡献出了巨大力量,例如商汤科技旗下的 SenseCare 平台推出了人工智能肺部智能分析仪器 [21],通过该仪器可以帮助医生进行快速的诊断患者是否具有可能患病,在复工期间也可以投入多的使用,更加高效的对人群进行合理诊断,减轻医院医生医护工作者的负担。除此之外也有很多公司推出各类智能方案进行疫情的辅助防控。

对于本文所提出的三个方向,第一个方向神经网络指导营养学论题,在疫情期间可以更合理的分配膳食结构调节患者的营养,第二个方向借助强化学习辅助相关实验开展,可以开发出相关的 APP,使得即使隔离在家的居民也能合理的调配自己的膳食结构,提升身体健康与免疫力,第三个方向大数据分析营养问题,在疫情期间已经有此方向很多的实际案例。通过分析,本文提出的方向具有落地性,可行性,创新性和实际性。

由此可见,在疫情期间计算机行业和医学交叉,贡献了很大的力量,也能够帮助解决的实际问题,随着科技的发展,孕育出了新的研究方向和行业。

5 Conclusion

本文回答了提出的问题,给出了几个切实可行的在未来开展医工交叉领域的创新研究方向,但是本文作为思考建议性质的文章,对于所提出的方向没有完整的研究脉络,仅作为指引。本文希望做到的是抛砖引玉,引发之后的工作能够从本文章的几个小方向进行思考,在未来建立完整的体系,发展具有创新力和前景的研究方向与研究议题。

Acknowledgements

感谢上海交通大学以及上海交通大学 BM033 公共卫生与预防医学导论课程组的所有老师与管理人员!

参考文献

- [1] Fang, Liangji, Qinhong Jiang, Jianping Shi and Bolei Zhou. "TPNet: Trajectory Proposal Network for Motion Prediction." ArXiv abs/2004.12255 (2020): n. pag.
- [2] Zhou, Zongwei, Md Mahfuzur Rahman Siddiquee, Nima Tajbakhsh and Jianming Liang. "UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation." DLMIA/ML-CDS@MICCAI (2018).
- [3] Martinel, Niki, Gian Luca Foresti and Christian Micheloni. "Wide-Slice Residual Networks for Food Recognition." 2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) (2018): 567-576.

³<https://arcg.is/0fHmTX>

- [4] Bossard, Lukas, Matthieu Guillaumin and Luc Van Gool. “Food-101 - Mining Discriminative Components with Random Forests.” ECCV (2014).
- [5] Hochreiter S , Schmidhuber J . Long Short-Term Memory[J]. Neural computation, 1997, 9(8):1735-1780.
- [6] Fears, Robin and ter Meulen, Volker and von Braun, Joachim. Global food and nutrition security needs more and new science. Science Advances, 2019:5-12.
- [7] 聂敏, 芦春雷, 刘蒙, et al. 基于蒙特卡洛模型的脊髓损伤后神经细胞定位方法 [J]. 光谱学与光谱分析, 2019, 39(05):111-116.
- [8] 江海燕, 吴宜灿, 罗乐. 粒子对人体癌细胞损伤过程的蒙特卡罗模拟及分析 [J]. 物理, 2004, 033(009):652-656.
- [9] 中国营养学会. 2016. 中国居民膳食指南 2016. 国家卫生计生委疾控局. 人民卫生出版社. 978-7-117-22214-3/R · 22215.
- [10] Drakoulidou, P., Drayton, B., Shepherd, L., & Mahrshahi, S. (2020). Sociodemographic factors associated with food insecurity: Data from the 2003–2014 New South Wales Population Health Survey. Public Health Nutrition, 1-11. doi:10.1017/S1368980019005159
- [11] Hemiö, K., Lindström, J., Peltonen, M., Härmä, M., Viitasalo, K., & Puttonen, S. (2020). High need for recovery from work and sleep problems are associated with workers’ unhealthy dietary habits. Public Health Nutrition, 1-10. doi:10.1017/S1368980020000063
- [12] Sundberg, M., Warren, A., VanWassenhove-Paetzold, J., George, C., Carroll, D., Becenti, L., . . . Shin, S. (2020). Implementation of the Navajo fruit and vegetable prescription programme to improve access to healthy foods in a rural food desert. Public Health Nutrition, 1-12. doi:10.1017/S1368980019005068
- [13] Liu, G., Zhang, S., Mao, Z. et al. Clinical significance of nutritional risk screening for older adult patients with COVID-19. Eur J Clin Nutr (2020). <https://doi.org/10.1038/s41430-020-0659-7>
- [14] Naja, F., Hamadeh, R. Nutrition amid the COVID-19 pandemic: a multi-level framework for action. Eur J Clin Nutr (2020). <https://doi.org/10.1038/s41430-020-0634-3>
- [15] Brug, J., Oenema, A., Kroeze, W. et al. The internet and nutrition education: challenges and opportunities. Eur J Clin Nutr 59, S130–S139 (2005). <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602186>
- [16] Shan, L.C., Schiro, J.L., Zhong, K. et al. What makes smartphone games successful in food information communication?. npj Sci Food 4, 2 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41538-020-0062-8>

- [17] Maigeng Zhou, Haidong Wang, Xinying Zeng, Peng Yin, Jun Zhu, Wanqing Chen, Xiaohong Li, Lijun Wang, Limin Wang, Yunning Liu, Jiangmei Liu, Mei Zhang, Jinlei Qi, Shicheng Yu, Ashkan Afshin, Emmanuela Gakidou, Scott Glenn, Varsha Sarah Krish, Molly Katherine Miller-Petrie, W Cliff Mountjoy-Venning, Erin C Mullany, Sofia Boston Redford, Hongyan Liu, Mohsen Naghavi, Simon I Hay, Linhong Wang, Christopher J L Murray, Xiaofeng Liang, Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017, *The Lancet*, Volume 394, Issue 10204, 2019, Pages 1145-1158, ISSN 0140-6736,
- [18] [1] 林海, 丁钢强, 王志宏, 葛可佑. 新营养学展望: 营养、健康与可持续发展 [J]. 营养学报, 2019, 41(06): 521-529.
- [19] [1] 申杰. 临床营养学模型初探 [A]. 中国中西医结合学会营养专业委员会. 第十届全国中西医结合营养学术会议论文资料汇编 [C]. 中国中西医结合学会营养专业委员会: 中国中西医结合学会, 2019: 6.
- [20] Ensheng Dong, Hongru Du, Lauren Gardner, An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time, *The Lancet Infectious Diseases*, Volume 20, Issue 5, 2020, Pages 533-534, ISSN 1473-3099, [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1).
- [21] 商汤君. 以 AI 驰援, 商汤肺部智能分析产品助力多地科技战“疫” .https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzIwNTcyNzYwMA==&mid=2247491363&idx=1&sn=d4a23a37718cb44b148965a68854332f&chksm=972d2d3ca05aa42a27ea853442b58c22eebeb7fa2b3bd7e69b363ccf766d13d10d3049ec23cc&mpshare=1&scene=1&srcid=&sharer_sharetime=1583647949943&sharer_shareid=be2a97953e8e6cabf8a159445ef0ce33#rd