



# 本科生毕业论文

题目: 基于眼动数据和机器学习方法  
的进食障碍预测  
Prediction of Eating Disorders using Eye  
Movement Data and Machine Learning

姓 名: 芮静姝

学 号: 1700012799

院 系: 信息科学技术学院

本科专业: 智能科学与技术

指导导师: 崔锦实 副教授

二〇二一年六月

## 北京大学本科毕业论文导师评阅表

学生姓名	芮静姝	学生学号	1700012799	论文成绩	
学院(系)	信息科学技术学院		学生所在专业	智能科学技术	
导师姓名	崔锦实	导师单位/ 所在研究所	智能科学系	导师职称	副教授
论文题目 (中、英文)	基于眼动数据和机器学习方法的进食障碍预测 Prediction of Eating Disorders using Eye Movement Data and Machine Learning				

### 导师评语

(包含对论文的性质、难度、分量、综合训练等是否符合培养目标的目的等评价)

在精神科临床诊断中，眼动追踪反映出的视觉注意有着极大的研究价值，可以筛查和辅助诊断心理和精神疾病潜在患者。从 2020 年秋季学期开始，芮静姝同学围绕着“利用眼动数据对进食障碍预测”这一课题，对眼动实验范式和进食障碍的诊断进行了细致的调研，阅读了相关计算机视觉和心理学领域的重要文献，对进食障碍涉及的心理学背景和眼动实验范式有了较好的理解，为算法的实现和论文的写作做了较好的准备工作。在此基础上，该同学的论文完成了以下工作：

1. 自主设计新的针对进食障碍患者的实验范式，测试被试的食物敏感度和身体变形障碍，补充和完善了关于进食障碍高风险患者对于自身和他人身体认知障碍的现有结论；
2. 分析并明确进食障碍患者在特定刺激下特异的眼动模式，提出基于梯度提升回归的模型，用于处理参与者在观察到食物图片和身体图像刺激后的眼动数据，给出进食障碍患病风险的预测。
3. 完成了大量眼动数据的采集工作，并且对数据进行了详尽的处理和测试。

该论文结构清晰、写作规范、行文准确，对原理的描述也基本准确，实验数据详尽，结果可靠。论文的工作量达到了本科生毕业设计的要求。工作中严谨的实验思路和方法表明该同学具有从事科学研究的基本素质和相关研究领域的基本理论和技术，初步具备了从事科学研究的能力。

导师签名：

年      月      日

## 版权声明

任何收存和保管本论文各种版本的单位和个人，未经本论文作者同意，不得将本论文转借他人，亦不得随意复制、抄录、拍照或以任何方式传播。否则，引起有碍作者著作权之问题，将可能承担法律责任。

## 摘要

大学生进食障碍患病风险逐年提升，需要找到非临床的初步筛查方法，让高风险人群及时进行诊断和治疗。而眼动能反映注意偏好，包含了丰富的个体信息，可以用于进食障碍高风险人群的甄别。

本实验设计新的针对进食障碍患者的实验范式，测试被试的食物敏感度和身体变形障碍，补充和完善了关于进食障碍高风险患者对于自身和他人身体认知障碍的现有结论；并收集了 50 名被试在食物和身体图片刺激下的眼动数据和身高、体重、体脂率等基本信息，并使用进食障碍问卷（Eating Disorder Inventory, EDI）评估他们进食障碍患病风险。选取低问卷得分对照组和高问卷得分组 T 和/或 F 检验差异显著的特征做分类预测，选取与进食障碍问卷总分或贪食子量表得分相关系数高于阈值的特征做回归预测，都得到了比较准确的结果。实验结果证实了该实验刺激下的眼动数据具有预测进食障碍患病风险的潜力，为进一步研究眼动与进食障碍的关系提供了参考。

**关键词：**眼动，机器学习，进食障碍

# Abstract

The risk of eating disorders among college students is increasing year by year, and there is a need to find non-clinical initial screening methods to allow timely diagnosis and treatment of high-risk groups. Eye movements, which reflect attentional preferences, contain rich individual information and can be used for the screening of people at high risk for eating disorders.

In this experiment, we designed a new experimental paradigm to test subjects' food sensitivity and body dysmorphic disorder, which complements and refines existing findings on the impairment of body perception of self and others in patients at high risk of eating disorders. We collected eye-movement data and basic information such as height, weight, and body fat percentage from 50 subjects under food and body picture stimuli, and used the Eating Disorder Inventory (EDI) to assess their risk of developing eating disorders. Characteristics with significant differences in T and/or F tests between the control group with low questionnaire scores and the group with high questionnaire scores were selected for categorical prediction, and characteristics with correlation coefficients above the threshold with the total score of the Eating Disorder Inventory or the bulimia subscale scores were selected for regression prediction, both of which yielded relatively accurate results. The experimental results confirm the potential of the eye-movement data under this experimental stimulus to predict the risk of eating disorders and provide a reference for further research on the relationship between eye movements and eating disorders.

**Key Words:** Eye Movement, Machine Learning, Eating Disorders

# 全文目录

<b>摘要</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	5
<b>第一章 绪论</b> .....	8
1. 进食障碍与进食障碍量表 .....	8
1.1 进食障碍 .....	8
1.1.1 分类 .....	9
1.1.2 危害 .....	10
1.1.3 症状和诊断 .....	10
1.2 进食障碍量表 .....	10
1.2.1 构成 .....	10
1.2.2 内容 .....	11
1.2.3 量表得分 .....	11
2. 眼动 .....	14
<b>第二章 相关工作</b> .....	15
<b>第三章 方法</b> .....	18
1. 刺激 .....	18
1.1 食物图片刺激 .....	18
1.1.1 图片材料 .....	18
1.1.2 范式 .....	19
1.2 身体图片刺激 .....	22
1.2.1 图片材料 .....	22
1.2.2 范式 .....	22
2. 模型选用 .....	23
<b>第四章 实验与结果分析</b> .....	25
1. 实验 .....	25
1.2. 数据采集 .....	25
1.1.1 设备 .....	25
1.1.2 实验流程 .....	26
1.2. 数据预处理 .....	27
2. 结果分析 .....	27
2.1. 初步分析 .....	27
2.1.1. 视觉搜索任务 .....	28
2.1.2. 自由探索任务 .....	30
2.1.3. 食物敏感度测试 .....	31
2.1.4. 体型和体型评估 .....	32
2.2. 模型和预测结果 .....	33
2.2.1. 分类模型 .....	33
2.2.2. 回归模型 .....	39
3. 结论 .....	42
<b>第五章 总结与展望</b> .....	45
1. 增加样本数量 .....	45
2. 更好地控制变量 .....	45

2.1 检测结果的差异 .....	45
2.2 食物偏好的差异 .....	45
2.3 饥饿程度的差异 .....	45
3. 探索其他非临床预防和诊断的方法 .....	46
参考文献 .....	47
附录 进食障碍问卷(EDI).....	49
本科期间的主要工作和成果 .....	56
致谢 .....	57

# 第一章 绪论

近年来社交平台上不断出现关于身材的标准的讨论，从“4 cm 手腕”，“A4 腰”，“反手摸肚脐”，“锁骨放硬币”到“漫画腰”挑战。很多年轻人都正在经历身材焦虑的困境，大学生群体进食障碍患病率不断升高；但是很多患者并未意识到自己对进食的过度关注和焦虑是一种精神疾病，因而未进行诊断治疗。Damian Santomauro 及其团队在其论文中提出了一个令人震惊的观点[1]：2019 全球疾病负担（Global Burden of Disease Study, GBD）研究[2]低估了进食障碍的患病率，未被计入的患病人数高达 4190 万（95% 置信区间 [UI] 27.9–59.0）。

另一方面，随着配备有高分辨率摄像头的智能手机的普及和人脸识别在日常生活中的应用，加之计算机视觉和非侵入式眼动追踪技术的发展，用户的眼动数据不仅在技术上越来越容易获得，也有许多现实场景可以用来探测。因此，如果能找到特定刺激下，进食障碍患者与正常组患者在眼动数据上表现出的模式差异，就可以作为初步筛查手段来甄别可能的进食障碍患者。研究如何有效利用眼动数据中蕴含的信息来预防和诊断进食障碍，具有很强的实际意义。

## 1. 进食障碍与进食障碍量表

### 1.1 进食障碍

进食障碍（Eating Disorders, ED）指以进食行为异常、对食物及体重和体型的过分关注为主要临床特征的一组疾病。诱发进食障碍的原因很复杂，生物因素（遗传、性格）和环境因素（家庭、社会）似乎都在起作用；通常在儿童晚期或成年早期开始，大学生是高发病率群体。

### 1.1.1 分类

进食障碍的类型包括：

- 神经性厌食症（Anorexia Nervosa, AN）：限制能量的摄入，导致在年龄、性别、发育轨迹和身体健康方面的体重明显偏低；伴随着对增重或变胖的强烈恐惧，以及对自己体重或体形的体验和评价方式的扰乱；严重程度由 BMI 决定；有两个亚型：限制型和暴食/清除型。
  - 限制型（Restricting type）：通过节食、禁食和/或过度运动达到减肥的目的，没有暴食/清除的行为。
  - 暴食/清除型（Binge-eating / Purging type）：患者反复发作的暴饮暴食 — 清除行为，如自我诱导呕吐、滥用泻药和利尿剂等。
- 神经性贪食症（Bulimia Nervosa, BN）：体重维持在或高于最低的正常水平；反复暴饮暴食，随后出现补偿性行为，如清除（自我诱导呕吐，吃到呕吐，过度使用泻药/利尿剂，或过度运动）和禁食等；严重程度由每周发作的不适当的补偿行为的数量决定。
- 暴食症（Binge Eating Disorder, BED）：反复发作的暴饮暴食，不使用不适当的补偿行为；严重程度由每周暴饮暴食的次数决定。
- 贪食症（Pica）：持续地吃非营养性、非食物性的物质。
- 反刍综合征（Rumination Syndrome / Merycism）：反复反刍食物（重新咀嚼、重新吞咽或吐出）。
- 回避/限制性食物摄入障碍（Feeding disorder / Avoidant Restrictive Food Intake Disorder, ARFID）：由于某些心理原因而减少或选择性地摄入食物。
- 其他特定的喂养或饮食障碍（Other Specified Feeding or Eating Disorder, OSFED），比如清除障碍（Purging disorder）以及夜食综合症（Night Eating Syndrome）等。
- 不明原因的进食或饮食障碍（Unspecified Feeding or Eating Disorder, USFED）。

### 1.1.2 危害

进食障碍是死亡率最高的精神疾病之一，有许多危害：患有厌食症的女性，由于极端的体重减轻，经常会出现闭经症状；患者常出现胃肠道症状（如食欲下降、腹痛、腹胀、呕吐、腹泻或便秘）；同时，焦虑症、抑郁症和药物滥用在饮食障碍患者中很常见，有研究表明抑郁可视为对进食障碍的一种病理反应。

### 1.1.3 症状和诊断

饮食障碍的心理病理围绕着身体变形障（Body Dysmorphic Disorder, BDD），如对体重和体形的关注、自我价值判断过于依赖体重和体形、即使体重不足也害怕发胖等。神经性厌食症和贪食症的一个必要诊断特点是对体形和体重有高估的想法，这与病人的低自尊密切相关。

研究人员发现，有饮食障碍的人往往更关注与食物有关的刺激；注意力偏差（对环境中某些类型的信息的优先关注，同时忽略其他信息）可能对饮食失调有影响。[3]

## 1.2 进食障碍量表

饮食障碍量表（Eating Disorder Inventory, EDI）是一份用于评估进食障碍的存在自我报告问卷，由 David M. Garner 和其他人在 1984 年创建。

### 1.2.1 构成

由 64 个问题组成，满分 384，分为 8 个子量表：

- 对瘦的追求（Drive for Thinness）：反映出对节食的过度关注，对体重的专注，以及固执地对瘦极端追求。对应于第 1.7.11.16.25.32.49 题，满分 42 分。

- 内省（Interoceptive Awareness）：反映出在认识和准确识别饥饿或饱腹的情绪和感觉方面缺乏信心。对应于第 8.21.26.33.40.44.47.51.60.64 题，满分 60 分。
- 贪食（Bulimia）：反映出有发作性的无法控制的过度进食（暴饮暴食）的倾向，可能随后伴有自我诱发呕吐的冲动。对应于第 4.5.28.38.46.53.61 题，满分 42 分。
- 对身体不满意（Body Dissatisfaction）：反映出认为青春期体型改变或“脂肪”增加相关的身体特定部位（如臀部、大腿、臀部）过大。对应于第 2.9.12.19.31.45.55.59.62 题，满分 54 分。
- 无效感（Ineffectiveness）：评估不安全感，价值不足以及无法控制自己生活的感觉。对应于第 10.18.20.24.27.37.41.42.50.56 题，满分 60 分。
- 成熟恐惧（Maturity Fears）：评估由于成年后的要求过高而希望退回到青春期前的安全状态中的愿望。对应于第 3.6.14.22.35.39.48.58 题，满分 48 分。
- 完美主义（Perfectionism）：反映出对卓越成就的过度期望。对应于第 13.29.36.43.52.63 题，满分 36 分。
- 对他人不信任（Interpersonal Distrust）：反映出一种疏远感和普遍不愿意形成密切的关系。对应于第 15.17.23.30.34.54.57 题，满分 42 分。

### 1.2.2 内容

问卷中的每个项目有“总是”、“通常”、“经常”、“有时”、“很少”或“从不”六种选项，对应于 1-6 分，分量表分数是该量表对应项目分数的总和。问卷内容见附录。

### 1.2.3 量表得分

David M. 等人研究论证了该量表的有效性，患者与对照组之间有显著性差异（结果见下表）[4]，且患者得分与医生临床诊断打分显著相关。其中 BN 和 AN-B 的患者在 DT/B/BD 子量表的得分显著高于对照组，且 AN-B 的 MF 比

BN 更高。AN-B 比 AN-R 在 B/BD 上得分更高。AN 与受体重困扰的女大学生相比，在 DT/BD/P 子量表的得分相近，但 AN 在 I/IA 上得分更高。

表1 Mean Scale( $\pm$ standard error) Scores for AN, Recovered AN, FC, and MC groups [4]

	Anorexia Nervosa*	Recovered Anorexia Nervosa	Female Comparison (N=577)	Male Comparison (N=166)
Drive for Thinness	15.4( $\pm .50$ ) R=2.7( $\pm .55$ ) B=10.8( $\pm .69$ )	3.6( $\pm 1.3$ ) 0.3( $\pm .14$ )	5.0( $\pm .22$ ) 2.0( $\pm .14$ )	1.6( $\pm .24$ ) 1.0( $\pm .14$ )
Bulimia				
Body Dissatisfaction	R=14.2( $\pm 1.0$ ) B=17.4( $\pm 1.0$ )	6.3( $\pm 1.5$ )	10.2( $\pm .32$ )	3.9( $\pm .39$ )
Ineffectiveness	14.4( $\pm .75$ )	3.1( $\pm .95$ )	2.0( $\pm .15$ )	1.6( $\pm .24$ )
Perfectionism	10.0( $\pm .47$ )	6.5( $\pm .88$ )	5.2( $\pm .16$ )	6.2( $\pm .30$ )
Interpersonal Distrust	7.7( $\pm .49$ )	1.9( $\pm .56$ )	2.2( $\pm .12$ )	3.1( $\pm .24$ )
Interoceptive Awareness+	12.5( $\pm 1.1$ )	2.1( $\pm .86$ )	2.9( $\pm .47$ )	1.4( $\pm .39$ )
Maturity Fears+	6.0( $\pm .99$ )	1.1( $\pm .46$ )	2.5( $\pm .33$ )	2.7( $\pm .44$ )

\*R=Restricters(N=48); B=Bulimics(N=65); when bulimic and restricter subgroups do not differ significantly on subscale scores, only total group means are reported.  
+ N=35 for AN, N= 13 for Recovered AN, N=82 for FC, N=68 for MC

下表[5]展示了原始 EDI 分量表分数被转换为 AN 和 FC 组的百分位数，有助于解释的量表结果。可以明显看出，AN 组在各个分量表，尤其是对瘦的追求（Drive for Thinness）和贪食（Bulimia）分量表上，得分的分布与 FC 组有显著区别：AN 组明显有更多的高分，十分位数的下降幅度较缓慢；FC 组虽然也有个别高分，但是总体上得分偏低，十分位数的下降非常陡峭。由此可以推断，进食障碍问卷得分高的人有较大的概率患有进食障碍，进食障碍问卷可以作为进食障碍诊断的辅助工具。值得注意的是，两者在概率上有较大可能性重合，并不意味着所有进食障碍问卷得分高的人都患有进食障碍，也并非所有进食障碍患者都会在量表中表现出非常高的得分。

表 2 Anorexia Nervosa (AN, N=129) and Female Comparison (FC, N=770) Groups Conversion of Raw Scores to Percentile Ranks for Each Subscale [2]

Percentile	Drive for thinness	Bulimia	Body dissatisfaction	Ineffectiveness				Perfectionism				Interceptive awareness				Interpersonal Distrust				Maturity fears			
				AN	FC	AN	FC	AN	FC	AN	FC	AN	FC	AN	FC	AN	FC	AN	FC				
100	21	21	(B)20 (R)19	21	(B)27 (R)27	27	30	22	18	17	19	15	28	28	22	16							
90	13	(B)17 (R)8	5	(B)0 (R)24	21	24	5	17	10	15	6	21	6	14	4								
80	20	9	(B)16 (R)3	3	(B)26 (R)20	17	21	3	15	8	12	4	19	4	10								
70	18	6	(B)15 (R)2	2	(B)24 (R)18	14	19	2	13	6	10	2	16	3	7	3							
60	17	4	(B)13 (R)1	1	(B)21 (R)15	11	17	1	11	S	9	1	13	2	5	2							
50	16	3	(B)12 (R)0	0	(B)18 (R)13	8	15	0	10	4	6		10	1									
40	15	2	(B)9 (R)0		(B)15 (R)11	6	11		8	3	S	0	9		3	1							
30	13	1	(B)8 (R)0		(B)11 (R)9	4	8		7	2	4		8	0	2	0							
20	10	0	(B)5 (R)0		(B)8 (R)7	2	5		4	1	2		6		1								
10	6		(B)3 (R)0		(B)6 (R)4	0	3		2	0	0		3	0									
0	1		(B)0 (R)0		(B)0 (R)0	0	0		0		0		0										

EDI 是临床诊断的初步筛选工具，以确定高比例的受试者是患有饮食障碍的群体。但是像所有的自我报告问卷一样，EDI 很容易因反应方式的偏差和受试者不准确的重新描述而被扭曲；此外，病人的防御性结构可能会使自我评价数据无效或失真。因此，EDI 测试只是进食障碍临床判断的辅助工具，而不是替代品。

## 2. 眼动

眼球运动（眼动）包括眼睛的自主和/或不自主运动，由眼眶中的共同肌腱环（眼腔）处的六条眼外肌共同控制；它能帮助获取、固定和跟踪视觉刺激。

对眼动的探测随着时间也发生了长足的变化和进展[6]：最原始的肉眼直接观察法和利用闪光灯产生的视觉后向来观测眼动的后象法都不够准确，而机械记录法需要连接外部设备放大微小的眼动：在头部带上杠杆和支点，用眼皮触动气囊检测囊内气压变化，甚至在角膜吸附环状物和针；电流记录法和传统的光学记录法调试复杂且准确率低。现在常用的眼动仪设备通常会使用计算机视觉的方法，通过识别瞳孔位置并匹配眼球生理模型获得视线信息，眼动数据的获得变得更加简易且更加准确。

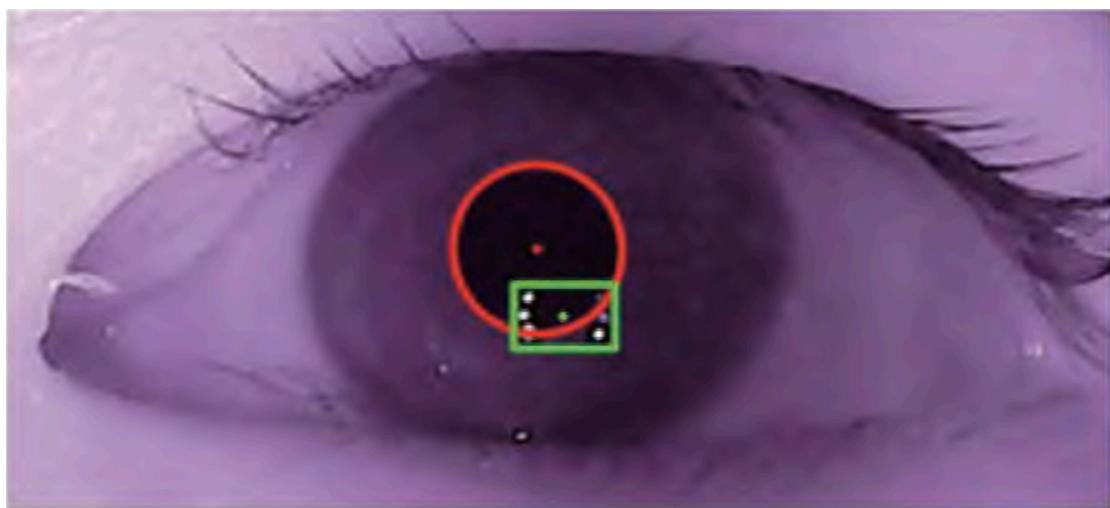


图1 眼球图像瞳孔检测示例 [7]

人脸识别已经广泛地应用到日常生活中（手机屏幕解锁，刷门禁等），可以提供高质量清晰的人脸正面视频；若在这些场景嵌入特定的视觉刺激，能够比较容易地获取高质量的特定任务相关的眼动数据。

## 第二章 相关工作

近年来，与眼动相关的各种心理学研究非常多，但是聚焦在“进食障碍”这一子领域上的研究非常有限。Kerr-Gaffney J.等人对这些研究做了系统的文献综述[8]，比对了前人工作中用到的刺激。以下按照使用的刺激进行分类，对其中比较经典的几篇做简要概述：

### 1. 食物与非食物图片

- a) 李松子的实验中选取了中国人熟悉常见的图片，其中高热量食物图片 58 张，低热量食物图片 50 张，中性图片 70 张。选用 40 大学生样本，分别在一般状态下和情绪脸刺激后，对食物图片的美味度、唤醒度、愉悦度进行 9 点评分，并记录其眼动数据。实验发现，积极情绪进食者在高兴情绪状态下对高、低热量食物都会产生注意偏向，而消极情绪进食者在悲伤情绪状态下仅对高热量食物产生注意偏向。[9]
- b) Schmidt R.等人对 25 名暴饮暴食症（BED）青少年患者和 25 名青少年对照组（CG）用相互匹配的食物和非食物图组刺激（本实验采用了类似的实验范式，在后文会详细说明）。在自由探索范式中，BED 组比 CG 组对食物图像表现出更大的凝视时长偏差。在视觉搜索任务中，BED 组比 CG 组对食物目标表现出更大的检测偏向。对于有个人吸引力的食物图像，组间差异比无吸引力的食物图像更明显。在 BED 组中，对食物的凝视时间偏向与饥饿感的增加和较低的体重指数有关。[10]
- c) Baldofski S.等人采用与 Schmidt R.等人一致的实验刺激，比较了 19 名夜间进食综合征（NES）患者和 19 名匹配对照者对食物和非食物刺激的注意。对食物的定向偏差，对非食物刺激的注意偏差和更快的检测速度是 NES 组的特征；可能表明在 NES 患者存在对食物的警觉-回避模式。[11]

### 2. 身体图片

- a) Jansen A.等人在 52 名被试候选人中选择 EDI 问卷中得分最低的 25% ( $n = 13$ , 正常对照者) 和得分最高的 25% ( $n = 13$ , 进食症状参与者) 参与实验。参与者被要求观察屏幕上自己身体和对照身体的数字化图片, 找出每个身体的最美和最丑的部位, 给身体部位的外观进行 10 点评分。实验组会忽略自己“美丽”的身体部位, 而对“丑陋”的部位更关注; 对照组与其相反, 有“自我服务”的认知偏差; 当观看其他身体时, 两组的模式正好相反。[12]
- b) Bauer A.等人要求被试标准的白色屏幕、标准的光线条件下, 从颈部以下穿着标准的灰色内衣拍摄四张全身照片, 在同样的条件下拍摄了四张女同龄人的照片作为刺激材料。被试观看每张图片两次: 第一次是自由探索任务, 记录其眼动数据; 第二次要求对 12 个指定的身体部位(乳房、颈部、腹部、臀部、大腿、小腿、上臂、前臂、上背、下背、手、脚)建立吸引力等级制度来评价自己和同伴的身体。结果表明, 所有进食障碍亚组的参与者都表现出对自己身体上没有吸引力的身体部位的注意偏好, 在限制型神经性厌食症(AN-R) 中最为明显。[13]
- c) Phillipou A.等人发现 24 名进食障碍患者与 24 名对照者相比, 神经性厌食症患者倾向于过度扫描标准身体的数字化图片, 但是在不同的身体区域注视和身体尺寸的估计上跟对照组没有太大区别。研究结果说明 AN 患者的身体形象扭曲仅对自己的身体特有, 他们能够准确判断他人的身体大小。[14]
- d) Kolle I.等人采用参与者自己的脸和其他有吸引力的脸以及没有吸引力的脸的照片作为刺激, 在 19 名身体变形障碍(BDD) 患者、21 名神经性贪食症(BN) 患者和 21 名健康对照者(HC) 上做了眼动追踪, 与 HC 相比, 发现 BDD 和 BN 参与者的注意力偏差表现为对自己脸部照片正面(有吸引力的)特征的忽视。[15]
3. 情绪脸(快乐、愤怒与中性脸)
- a) Sharpe E.等人在实验中让 52 名女性观看了一系列的情绪脸并使用眼

动追踪器持续监测其注意力部署，随后进行情绪识别测试。饮食失调量表（EDI）中得分相对较高的人表现出对情绪面孔的回避，并且较之低得分的被试面部情绪识别能力受损。[16]

#### 4. 其他刺激：比如点、横线、十字、社交照片、描绘身体活动与不活动的图片等

在综述统计中，最常用的还是食物图片刺激（食物与非食物、低卡食物与高卡食物）和身体图片刺激（自己的与对照组的脸/体型、低 BMI 与高 BMI 身体图片），因为这两种刺激对进食障碍问题比较有特异性；而情绪脸等其他通用的心理学刺激往往有通用性，无法从眼动行为范式上特异地区分进食障碍患者与其他心理疾病患者。比如对情绪脸的警觉-回避范式是抑郁患者常见的特点，且进食障碍常常导致抑郁，但抑郁患者不全是进食障碍患者，那么它就不能作为判断被试是否患有进食障碍的指标。

这些研究都是将进食障碍患者和普通人做了分组，观察他们在某个特征上是否有差异；他们更多的是从病理学和心理学的角度去验证进食障碍患者是否具有某种特质，以及这种特质与其病理是否相关。但是关于将细分的眼动数据用于进食障碍的预测和初步筛查，并没有找到类似的研究。

# 第三章 方法

## 1. 刺激

参考相关工作所选用的刺激范式，本次实验选用了较为常用的两种：食物图片刺激和身体图片刺激，因为这两种刺激对进食障碍问题比较有特异性。

### 1.1 食物图片刺激

#### 1.1.1 图片材料

本次实验借鉴 Schmidt R.等人[9]和 Baldofski S.等人[11]的刺激范式，并综合了食物与非食物、低卡食物与高卡食物的对比，选用了相互匹配的 30 张食物图片和 30 张非食物图片。互相匹配的图像可以最大程度地控制变量，排除鲜艳的颜色、奇特的形状、繁复的排列等吸引注意力的其他因素，而让被试的注意力聚焦，仅仅关注食物与非食物在可食用性、诱人程度上的区别。

食物图像的选择包括了低、中和高卡路里的食物，涵盖广泛的食物品类。30 张食物图片刺激由三部分组成：10 张高热量的食物图像，如炸鸡、巧克力、汉堡和比萨；10 个低热量的食物图像，如黄瓜、番茄、胡萝卜和西兰花；以及 10 个中等热量的食物图像，如鸡蛋、面包、米饭和鱼。根据每张食物图像的颜色、形状、大小和复杂程度，尽可能地匹配非食物图像（见下图）。每张图像都尽量保持视觉效果上大小近似，并在  $1920 \times 1080$  的白色背景上用显示屏显示。



图2 互相匹配的食物-非食物图组示例

### 1.1.2 范式

#### 1. 视觉搜索任务

任务开始时屏幕中间出现对于该任务的说明。每个试验开始时都有一个 600 毫秒的黑色固定十字，然后是一个由六个食物和/或非食物图像组成的图组；所有的图像都被缩放为视觉上相等的大小，并呈现在电脑屏幕中间的一个假想圆上（见下图）。

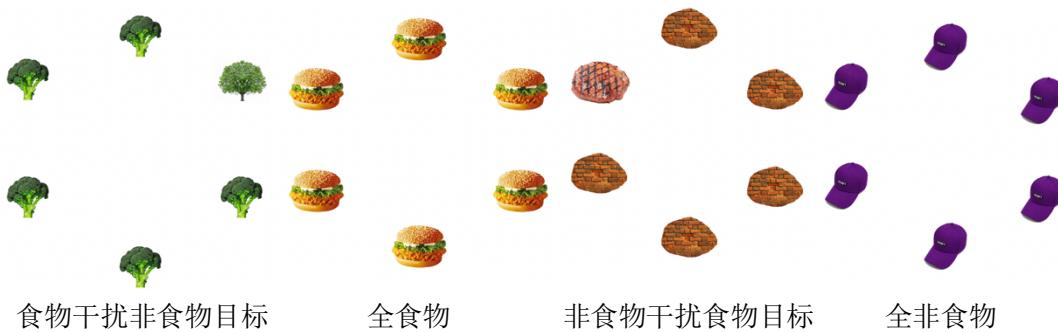


图3 视觉搜索任务四种刺激示例

被试须指出矩阵中是否包含同一类别的图像（目标不存在）或是否有一个图像与其他图像不同（目标存在）：如果有不同类别的图像，就按点击该图片；如果只有相同类别的图像，就点击屏幕右侧空白处。图组保持在屏幕上直到点击。每次试验的目标位置是随机选择的。

该任务中共有四种刺激图片类型：非食物干扰物中的食物目标，食物干扰物中的非食物目标，只有食物图像，以及只有非食物图像。

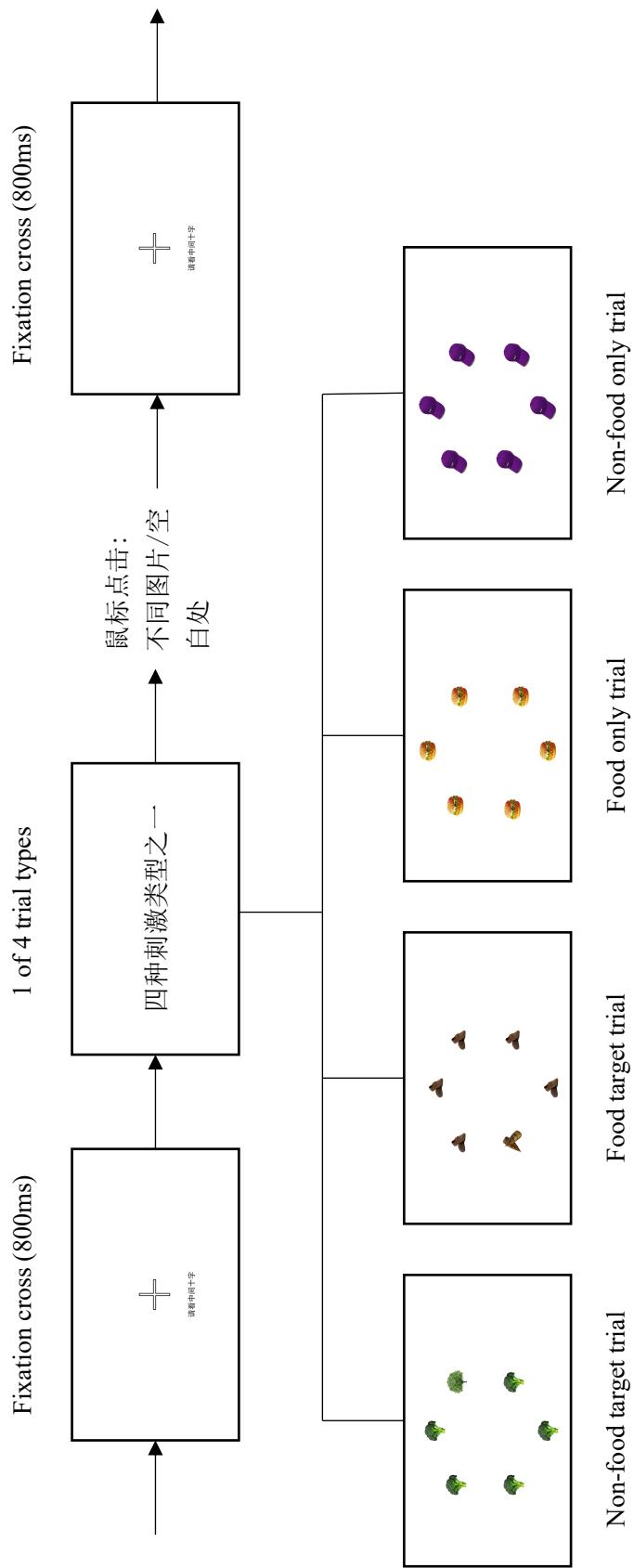


图 4 视觉搜索任务流程示意图

## 2. 自由探索任务：食物 — 非食物图片组

任务开始时屏幕中间出现对于该任务的说明。每次试验开始时，出现一个黑色的固定十字，持续 800 毫秒，然后是 3000 毫秒的图像对。在图片对中，每个刺激物（食物或非食物）随机地出现在屏幕的左边或右边。

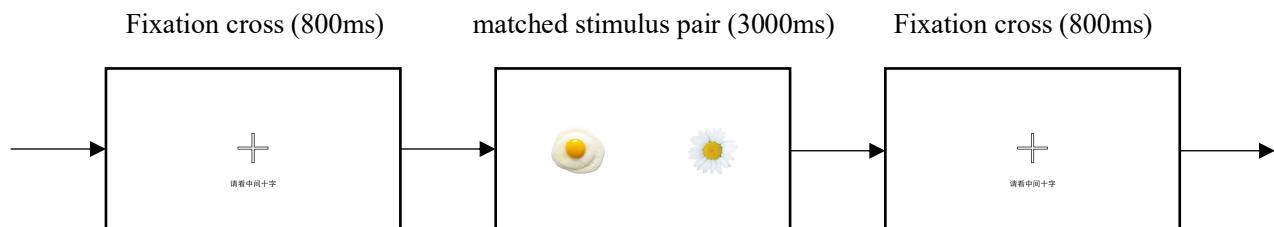


图 5 自由探索任务流程示意图

## 3. 食物敏感度测试

Schulze 等人在对边缘型人格的检测的实验曾采用图片流的刺激[17]：在实验中给被试连续的 15 张图片，每张图片放映 117 毫秒，照片流中包含一张花朵 / 蘑菇图片，还可能包含一张情绪脸，其他图片为中性脸；被试被要求判断是否含有这两种刺激。实验发现边缘型人格患者对于愤怒情绪脸的识别更敏锐。

由此受到启发，为验证进食障碍患者往往表现出对食物高度敏感这一假设，设计了 3 组图片流刺激：

- 1) 第一组图片包含 7 张低卡路里食物图片，1 张中卡路里食物图片和 12 张非食物图片，记为低卡路里图片流；
- 2) 第二组图片包含 3 张中卡路里食物图片，7 张高卡路里食物图片和 10 张非食物图片，记为高卡路里图片流；
- 3) 第三组图片包含 3 张低卡路里食物图片，6 张中卡路里食物图片，2 张高卡路里食物图片和 8 张非食物图片，记为中卡路里图片流。

每张图片放映 100 毫秒，连续放映 20 张，被试在观看完图片流后需要估计出图片流中有多少张食物图片。用组内成员判断的值与真实值差的绝对值作为估计精度指标，越接近 0 说明估计越准确。

## 1.2 身体图片刺激

### 1.2.1 图片材料

在相关工作中，经常使用的身体相关的刺激有：自己的与对照组的脸，自己的与对照组的身体体型、低 BMI 与高 BMI 标准身体图片。由于采集被试自身的身体图像需要控制各类变量，而被试参与实验时衣服的松紧程度很难统一，甚至需要现场换上各个尺码的标准衣物，非常麻烦；同时，要控制不同高矮胖瘦的被试的图片在视觉上大小一致也很困难。受限于这些条件，直接采用被试自身的身体图片进行实验比较困难。

本实验选用了不同 BMI、体脂率的标准身体图像共 3 张，其中标准 BMI 的展示图片 2 张，体脂率的展示图片 1 张，剔除文字部分，加上编号（见如下右图）。将图片放置在  $1920 \times 1080$  的白色背景上用显示屏显示。

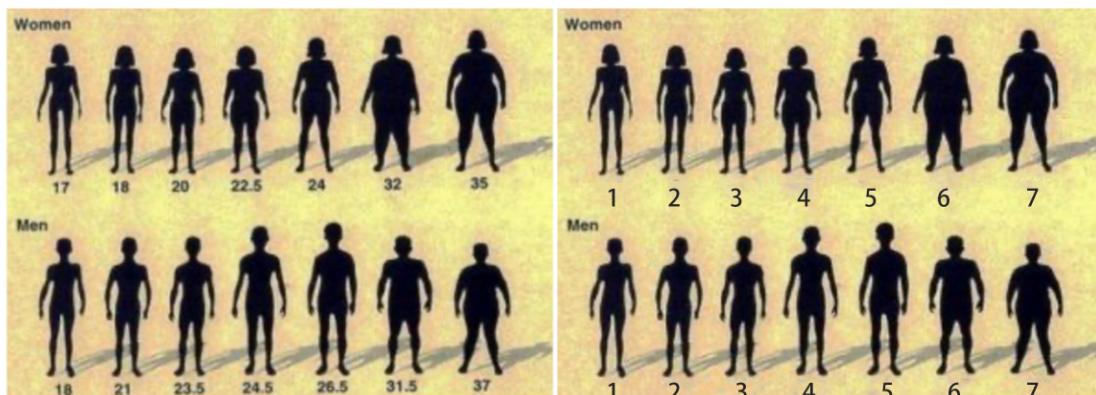


图6 标准身体图片刺激示例（左侧为原始图像，右侧为处理后的刺激图像）

### 1.2.1 范式

#### 1. 体型评估任务

要求被试观察包含不同 BMI、体脂率的身体图像，选出自认为最贴合自己身体形态的编号。

现有的研究除了验证进食障碍患者与对照组在注意偏向上的差异之外，还发现进食障碍患者的身体形象扭曲仅对自己的身体特有，即他们能够准确判断

他人的身体大小。[14] 由此，本实验设计了结合两者的实验范式：在屏幕上呈现一组标准化的体型图片，让被试估计自身的体型最接近于其中的哪一个。这样的范式中观察的对象是他人的身体，但是被估计的对象是自己是身体；这样的范式可以区分进食障碍患者是对自身体型的扭曲是在视觉处理过程中造成的，还是在心理上对自身形体的印象造成的。

## 2. 测量身高体重和体脂率

要求被试脱掉鞋子和袜子站在标准体脂体重秤上，获取其 BMI 和体脂率真值。通过估计值与真值的差距来衡量被试对自己的身体认知准确程度。

## 2. 模型选用

Tobii studio 导出的原始眼动数据（raw data）是粒度最细、最详尽的时间序列数据，理论上包含了最全面的眼动信息。但由于被试数据量很少，远远达不到深度学习模型所需的训练数据量；时序数据信息量大，但是有效信息含量低；因此预判深度学习模型效果不佳。由于自由探索任务中的眼动数据包含的信息量相对较大，且自由探索任务中的刺激播放时长固定，数据维度一致；因此选取了自由探索任务的 30 张食物 - 非食物刺激（低、中、高卡路里各 10 组）下的眼动数据。采用了其中的

- 注视类型（Gaze Event Type）：分为 Fixation / Saccade / Unclassified，分别映射到 2 / 1 / 0
- （食物，非食物）注视（Area of Interest）：采用 One-hot 方法编码，（1, 0）表示注视食物，（0, 1）表示注视非食物，（0, 0）表示注视空白区域
- 左右眼瞳孔大小变化（Left / Right Pupil Size）

只简单地用多层感知机做了尝试，其结果与随机预测的准确率相似；因此后续没有继续尝试其他的深度学习模型，转而采用传统的机器学习模型。

对于所有的眼动统计性特征，选取对照组和进食障碍组在双样本等方差假设 T 单边检验和/或 F 单边检验在 0.05 的显著性水平下表现为显著的特征，按照进食障碍文件总分得分进行分类，采用各类机器学习模型做分类预测。选取与进食障碍问卷总分或贪食子量表得分相关系数高于一定阈值的特征做回归预

测。对比其结果，选择最适合于进食障碍患者筛查的数据预处理方法、特征选取方法和对应的模型。

# 第四章 实验与结果分析

## 1. 实验

### 1.2. 数据采集

#### 1.1.1 设备

为了采集被试在特定刺激下的眼动数据，选用了一款名为 Tobii Pro TX300 的桌面式眼动仪；它能够兼容各类被试者，不论是否佩戴眼镜。该设备包含尺寸为  $55 \times 24 \times 6 \text{ cm}$  ( $22 \times 9 \times 2$ ) 的眼动仪模块和  $23''$ 、屏幕分辨率为  $1920 \times 1080$  像素的高清显示屏模块（如下图）。眼动仪的本体，主要包含红外光源与红外摄像头，利用红外光源照射受试者的眼部区域，并通过瞳孔角膜反射技术精确计算受试者的视线方向与瞳孔大小；眼动追踪范围在电脑屏幕之内，采样频率高达  $300 \text{ Hz}$ ，视点误差在  $0.14^\circ$  以内，数据处理延迟不超过  $3.3$  毫秒。（以上信息来自官网）



图7 Tobii桌面式眼动仪

为了采集被试的身高、体重和体脂率数据，选用了标准体脂秤和身高尺，通过下载APP并连接蓝牙实时获取身体数据。



图8 体脂秤详情介绍页面

### 1.1.2 实验流程

我们选择了北京大学本部南门外资源西楼心理系实验室作为数据采集的地点，该实验室环境安静，排除了外界声音干扰对被试眼动的影响。通过线上问卷报名的形式，我们共招募了 50 名被试参与实验，其中包含 35 名女性和 15 名男性。他们不知道实验的目的，仅被告知他们将参与一项关于眼动的研究，并且会记录他们的眼动数据。

被试进入实验室后的流程如下：

- 1) 被试来到实验室，由主试向其介绍眼动仪操作方法，并签署知情同意书
- 2) 被试佩戴眼动仪后，进行五点校准

- 3) 视觉搜索任务: 9 张 6 个食物/非食物/混合图片 (点击播放下一张)
- 4) 自由探索任务: 30 对食物 — 非食物图片组, 每张 3 秒
- 5) 食物敏感度测试: 3 组快速图组, 每组 20 张图片, 每张 0.1 秒
- 6) 体型评估任务: 标准身体图像 3 张 (点击跳转下一张)
- 7) 测量身高、体重和体脂率, 计算 BMI
- 8) 填写问卷

## 1.2. 数据预处理

由于被试头部转动、身体位移等因素会导致眼动仪的校准失效, 许多被试在实验过程中的数据有部分丢失; 在模型训练过程中, 弃用了丢失模型所选用特征数据的被试数据。

对于机器学习模型所采用的眼动统计数据, 分别采用标准化、正则化等方法预处理, 测试后对比其效果。

## 2. 结果分析

### 2.1. 初步分析

对所有被试, 按照问卷总分排序, 选取得分最低的 30% (共 15 人, 10 女, 5 男) 作为对照组, 得分最高的 30% (共 15 人, 14 女, 1 男) 作为进食障碍组。根据[18]研究结果 (见下表), 中国的厌食症患者的总表得分均分为 222.62, 对照组总表得分均分为 169.33; 因此有理由认为, 在本次问卷中总分高于 232 的 15 人有较高概率会被临床诊断为进食障碍。

表 3 厌食症组与正常对照组间 EDI-1 量表得分的比较 [18]

分量表	厌食症	对照组	t	P
对瘦的追求 (DT)	25.45±10.42	17.07±6.72	3.69	0.001
贪食 (B)	22.40±11.17	11.07±2.82	5.39	0.000
对身体不满意 (BD)	33.03±8.21	26.83±8.74	2.01	0.049
无效感 (I)	36.00±8.71	27.13±3.88	5.08	0.000
完美主义 (P)	24.60±6.09	21.37±6.03	2.07	0.043

对他人不信任 (ID)	$23.52 \pm 6.72$	$16.40 \pm 4.67$	4.74	0.000
内省 (IA)	$31.90 \pm 10.68$	$20.17 \pm 5.21$	5.39	0.000
成熟恐惧 (MF)	$27.80 \pm 5.58$	$27.50 \pm 5.02$	0.22	0.827
总表	$222.62 \pm 48.40$	$169.33 \pm 24.16$	5.32	0.000

本次实验中对照组和进食障碍组的进食障碍量表基本信息如下表格所示，双样本等方差假设 T 检验表明，两组在各个分量表的得分和总分上都有显著性差异 ( $P < 0.005$ )。两组被试在 BMI 上无显著性差异，在体脂率上有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

表 4 对照组和进食障碍组的进食障碍量表基本信息

分量表	对照组				进食障碍组			
	min	max	mean	stdev	min	max	mean	stdev
Drive for Thinness	7	25	16.40	4.44	20	38	28.33	5.19
Interoceptive Awareness	15	31	22.93	3.63	22	40	33.20	5.13
Bulimia	8	18	13.07	2.94	13	39	19.87	6.80
Body Dissatisfaction	18	35	26.67	4.55	30	54	42.27	6.96
Ineffectiveness	17	35	24.27	4.91	32	50	41.53	5.59
Maturity Fears	10	27	21.27	4.73	29	48	36.33	5.35
Perfectionism	13	24	18.13	3.74	16	26	21.60	2.95
Interpersonal Distrust	12	30	19.80	4.07	19	34	27.00	3.84
total	140	188	169.60	14.55	232	293	257.33	20.52

### 2.1.1. 视觉搜索任务

在非食物干扰食物目标组中，对照组和进食障碍组以及全体被试的鼠标点击时间、首次注视到点击的时间都是低卡路里 > 中卡路里 > 高卡路里，说明大家都天然地对高热量的食物更加敏感。而平均首次注视时长、注视次数、注视时长、观察时长也有低卡路里 > 中卡路里 > 高卡路里的基本趋势，说明对高热量的食物更加回避。

从数值上看，非食物干扰食物目标组与同等热量等级的食物干扰非食物目标组的基本近似，食物干扰非食物的首次注视时间、首次点击时间略低。

显著性分析中，仅有非食物干扰低卡路里食物的首次注视持续时长、低卡路里食物干扰非食物的注视时长和观察时长的 F 检验有显著性差异 ( $P <$

0.05)，其余都无显著性差异。说明进食障碍者跟对照组在中高热量食物的反应上没有显著差异（都比较敏感），但是对于低热量食物，进食障碍者会比较显著地多加关注。

表 5 视觉搜索任务眼动数据统计分析

眼动指标		对照组	进食障碍组	全体
Time to First Fixation	5non-1low	0.76	0.78	0.74
	5low-1non	0.72	0.66	0.70
	5non-1mid	0.75	0.70	0.70
	5mid-1non	0.59	0.54	0.55
	5non-1high	0.52	0.56	0.53
Fixations Before	5non-1low	3.14	2.91	3.00
	5low-1non	3.29	2.82	3.07
	5non-1mid	3.22	2.77	2.82
	5mid-1non	2.36	2.50	2.44
	5non-1high	2.00	2.08	2.10
First Fixation Duration	5non-1low	0.25	0.30	0.28
	5low-1non	0.38	0.30	0.32
	5non-1mid	0.31	0.33	0.33
	5mid-1non	0.41	0.33	0.35
	5non-1high	0.34	0.26	0.33
Fixation Duration	5non-1low	0.28	0.31	0.26
	5low-1non	0.39	0.40	0.34
	5non-1mid	0.31	0.33	0.30
	5mid-1non	0.39	0.34	0.32
	5non-1high	0.31	0.28	0.30
Visit Duration	5non-1low	0.42	0.43	0.39
	5low-1non	0.72	0.53	0.49
	5non-1mid	0.47	0.43	0.42
	5mid-1non	0.60	0.47	0.48
	5non-1high	0.56	0.49	0.51
Time to First Mouse Click	5non-1low	1.63	1.73	1.66
	5low-1non	1.56	1.56	1.51
	5non-1mid	1.39	1.30	1.34
	5mid-1non	1.23	1.22	1.27
	5non-1high	1.15	1.15	1.22
Time from First Fixation to Next Mouse Click	5non-1low	0.88	0.92	0.85
	5low-1non	0.90	0.88	0.82
	5non-1mid	0.68	0.67	0.66
	5mid-1non	0.74	0.67	0.73
	5non-1high	0.63	0.63	0.67

### 2.1.2. 自由探索任务

首次注视时间上低热量食物比中高热量食物有明显更高，与视觉搜索任务的结论一致。中高热量食物的首次注视时间都低于非食物，而低热量食物与非食物基本持平，说明被试普遍对中高热量食物更为敏感。对照组对食物的注视时长都高于同组非食物，但是进食障碍组对中低热量图片的注视时长不及非食物。

显著性分析中，部分高、中、低热量图片的对照非食物的图片的观察时长有显著性差异（ $P < 0.05$ ），部分高、中、低热量图片以及其对照非食物图片的首次注视时长、注视时长有显著性差异。

总体而言，自由探索任务中对照组与进食障碍组表现出更显著的区别，但是这种区别对于特定的图片刺激显示出一定的特异性；这种特异性可能与参与者自身的食物偏好有关。

表 6 自由探索任务眼动数据统计分析

	眼动指标	对照组	进食障碍组	全体
Time to First Fixation	high √ – non	0.69	0.67	0.63
	high – non √	0.81	0.77	0.73
	mid √ – non	0.65	0.67	0.61
	mid – non √	0.85	0.81	0.78
	low √ – non	0.76	0.73	0.72
	low – non √	0.72	0.73	0.68
Fixations Before	high √ – non	2.06	2.13	2.01
	high – non √	2.31	2.33	2.27
	mid √ – non	2.04	1.94	1.94
	mid – non √	2.43	2.25	2.35
	low √ – non	2.12	2.14	2.11
	low – non √	2.05	2.21	2.04
First Fixation Duration	high √ – non	0.32	0.32	0.31
	high – non √	0.27	0.31	0.29
	mid √ – non	0.32	0.34	0.33
	mid – non √	0.29	0.35	0.32
	low √ – non	0.37	0.33	0.34
	low – non √	0.33	0.37	0.33
Fixation Duration	high √ – non	0.32	0.34	0.29

	high – non ✓	0.29	0.33	0.28
	mid ✓ – non	0.34	0.34	0.30
	mid – non ✓	0.29	0.34	0.28
	low ✓ – non	0.36	0.34	0.29
	low – non ✓	0.34	0.40	0.28
Visit Duration	high ✓ – non	0.75	0.77	0.63
	high – non ✓	0.63	0.70	0.56
	mid ✓ – non	0.73	0.77	0.61
	mid – non ✓	0.60	0.77	0.56
	low ✓ – non	0.74	0.82	0.62
	low – non ✓	0.78	0.81	0.65

### 2.1.3. 食物敏感度测试

用组内成员判断的值与真实值差的绝对值作为估计精度指标，越接近 0 说明估计越准确。

三组测试中进食障碍组的预测精度都高于对照组，从一定程度上反映出进食障碍者对于食物更敏感。

表 7 食物敏感度测试估计精度

衡量指标	对照组				进食障碍组			
	估计精度	低估人数	高估人数	准确人数	估计精度	低估人数	高估人数	准确人数
第一组（高卡组）	1.53	8	3	4	1.40	8	3	4
第二组（低卡组）	1.47	9	3	3	1.40	10	3	2
第三组（中卡组）	3.47	13	1	1	2.20	11	2	2

三组测试的均值中，低卡组和中卡组测试中进食障碍组的均分更高且更接近真值；高卡组测试中对照组和进食障碍组的均分相近且都比较接近真值。这样的结果可能说明对于高卡路里食物，进食障碍者和普通人都比较敏感，因而无显著差异；但是对于中低卡路里食物，进食障碍者有比常人更高的灵敏度。而且进食障碍组在三组测试上的标准差都比对照组低，可能说明这种高灵敏度在进食障碍者中普遍存在，而在对照组中个体差异较大。

表 8 食物敏感度测试数据统计分析

测试组别	对照组	进食障碍组	真值
------	-----	-------	----

	min	max	mean	stdev	min	max	mean	stdev
第一组（高卡组）	5	11	7.27	1.87	5	10	7.13	1.60
第二组（低卡组）	6	11	8.93	1.58	7	13	9.26	1.53
第三组（中卡组）	3	13	7.80	2.62	7	13	9.20	1.93

### 2.1.4. 体型和体型评估

进食障碍患者往往表现出身体变形障碍，即对自己的对体型和体重有高估的想法。因此在体型评估任务中，需要他们选出标准形体图片中他们认为最接近自身的形体，该形体对应于某个 BMI 值或体脂率值。而后用体脂称测量被试的身高体重和体脂率，得出其 BMI/体脂率真值。两者的比值（Estimated / True，简记为 E/T）和差值（Estimated - True，简记为 E - T）以及差值的绝对值（组内成员|E - T|的均值作为估计精度指标，越接近 0 说明估计越准确）可以作为被试高估自身体型的衡量指标。

表 9 体型评估任务估计精度

衡量指标	对照组			进食障碍组		
	估计精度	低估人数	高估人数	估计精度	低估人数	高估人数
BMI	1.89	5	10	1.47	6	9
体脂率	4.83	6	9	3.95	5	10

出乎意料的是，对照组与进食障碍在低估或者高估自身体型的人数上几乎一致，且对照组的 E / T 和 E - T 值相对较高、估计精度较低。在 F 检验分析中对于体脂率的估计两组有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。这与传统研究中认为进食障碍者对身体体型认知有较大的偏差这一说法不符。

仔细考察数据后发现对照组中的极端数据较多：如果被试特别瘦，BMI 和体脂率真值很小，除数很小导致放大了比值；在选择最相近的图片时已经选取了最瘦的那张，但它对应的 BMI 和体脂率值仍然比被试真值高了很多。即虽然对照组的估计精准度不如进食障碍组，但是其统计意义上的不精准是由个别偏差很大的个体导致的，因此不代表大多数对照组成员都估计不精准。

另一种可能的解释是患者的身体变形障碍只有面对自己身体的影像（照片、镜子、视频等）时才有比较明显的症状；在观察标准身体和他人身体时没

有特别明显的高估体型的倾向。即进食障碍患者是对自身体型的扭曲是在视觉处理过程中造成的，而不是在心理上对自身形体的印象不客观。

表 10 体型评估任务统计分析

分量表	对照组				进食障碍组			
	min	max	mean	stdev	min	max	mean	stdev
BMI True	16.30	24.90	20.91	2.40	17.50	28.20	21.34	2.65
Estimated BMI	17.75	26.25	22.22	2.43	18.25	26.50	22.07	2.28
E/T BMI	0.90	1.34	1.07	0.13	0.92	1.19	1.04	0.08
E-T BMI	-2.10	6.40	1.31	2.35	-1.70	3.65	0.73	1.67
Bodyfat True	5.00	28.40	21.01	7.23	16.00	34.40	24.87	4.44
Estimated Bodyfat	8.00	35.00	23.53	6.98	15.00	35.00	27.33	6.23
E/T Bodyfat	0.45	3.00	1.27	0.63	0.72	1.44	1.10	0.18
E-T Bodyfat	-9.80	15.70	2.52	6.44	-5.90	9.20	2.46	4.13

## 2.2. 模型和预测结果

### 2.2.1. 分类模型

将全部被试按照进食障碍问卷总得分划分为三个类别：低进食障碍患病风险，中进食障碍患病风险，高进食障碍患病风险；分别用 0,1,2 代表这三种分类。

以低进食障碍患病风险和高进食障碍患病风险的数据在 F 检测和/或 T 检测中有显著性差异 ( $P < 0.05$ ) 为特征选取指标，共筛选出 161 条特征，筛去缺失数据的被试后剩下的有效数据共 21 条，其中低风险 4 人，中风险 10 人，高风险 7 人，随机预测的均方误差为 1.19。

在上述筛选指标下，特征较多而有效数据较少；因此更换特征的选取的指标，筛选出更少的有效特征。以 T 检测中有显著性差异 ( $P < 0.05$ ) 为特征筛选指标，共筛选出 45 条特征和 31 条有效数据，其中低风险 8 人，中风险 14 人，高风险 9 人，随机预测的均方误差为 1.22。以 T 检测中有显著性差异 ( $P < 0.05$ ) 而 F 检测无显著性差异为指标，共筛选出 25 条特征和有效数据 34 条，

其中低风险 9 人，中风险 16 人，高风险 9 人。对不同的筛选指标做同样实验，比对其结果。

对于分类粒度，也做了细分类别的尝试。将全部被试按照进食障碍问卷总得分，每 10 分一档划分为多个类别；测试发现各个模型的分类效果都不理想；使用无监督学习聚类方法效果也不理想。说明进食障碍得分比较近似的人群眼动模式上也比较类似，较大的问卷分值区分才有较好的眼动特征区分度。

由于样本量较少，模型预测精度与训练集-测试集的划分有比较大的相关性，每次试验结果均有差异。因此采用 `cross_val_score`，设置 `scoring = 'neg_mean_squared_error'`，并设置 `cv = 2`；以及采用 `leave_one_out` 遍历，预测类别与真实类别的方差均值来评价模型预测精度，因为按照分数由高到低的划分，表示将低风险人群预测为中风险比将低风险人群预测为高风险进食障碍患者更精确。

### 1. 部分模型结果可视化

采用朴素贝叶斯模型对被试进行分类和训练，6 个测试样例中常见 4-6 个分类正确，正确率较高。下图展示了两个先验为高斯分布（左）和多项式分布（右）的朴素贝叶斯模型预测结果混淆矩阵实例。

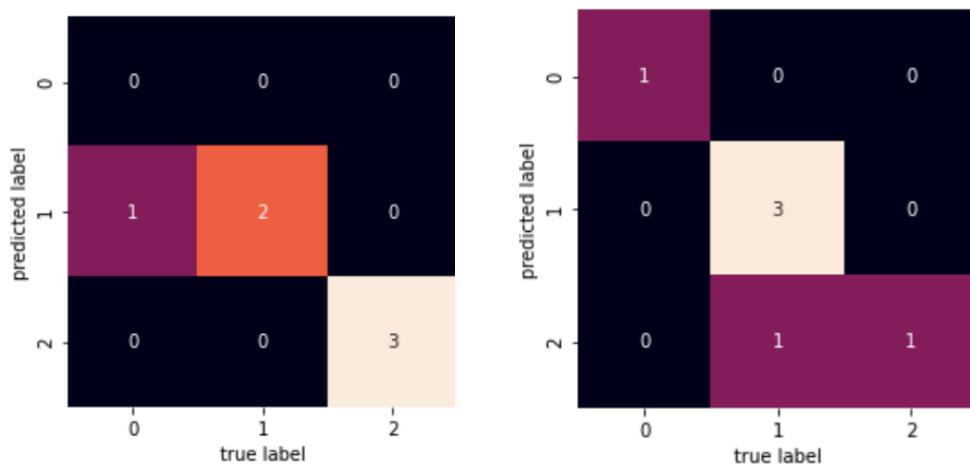


图 9 先验为高斯分布（左）和多项式分布（右）的朴素贝叶斯模型预测结果示例

对基尼系数和熵的决策树可视化如下。由图片可以看出，增加特征筛选力度、减少特征指标后决策树反而变得更加复杂，这可能说明了部分的有效特征在筛选过程中被滤去了。

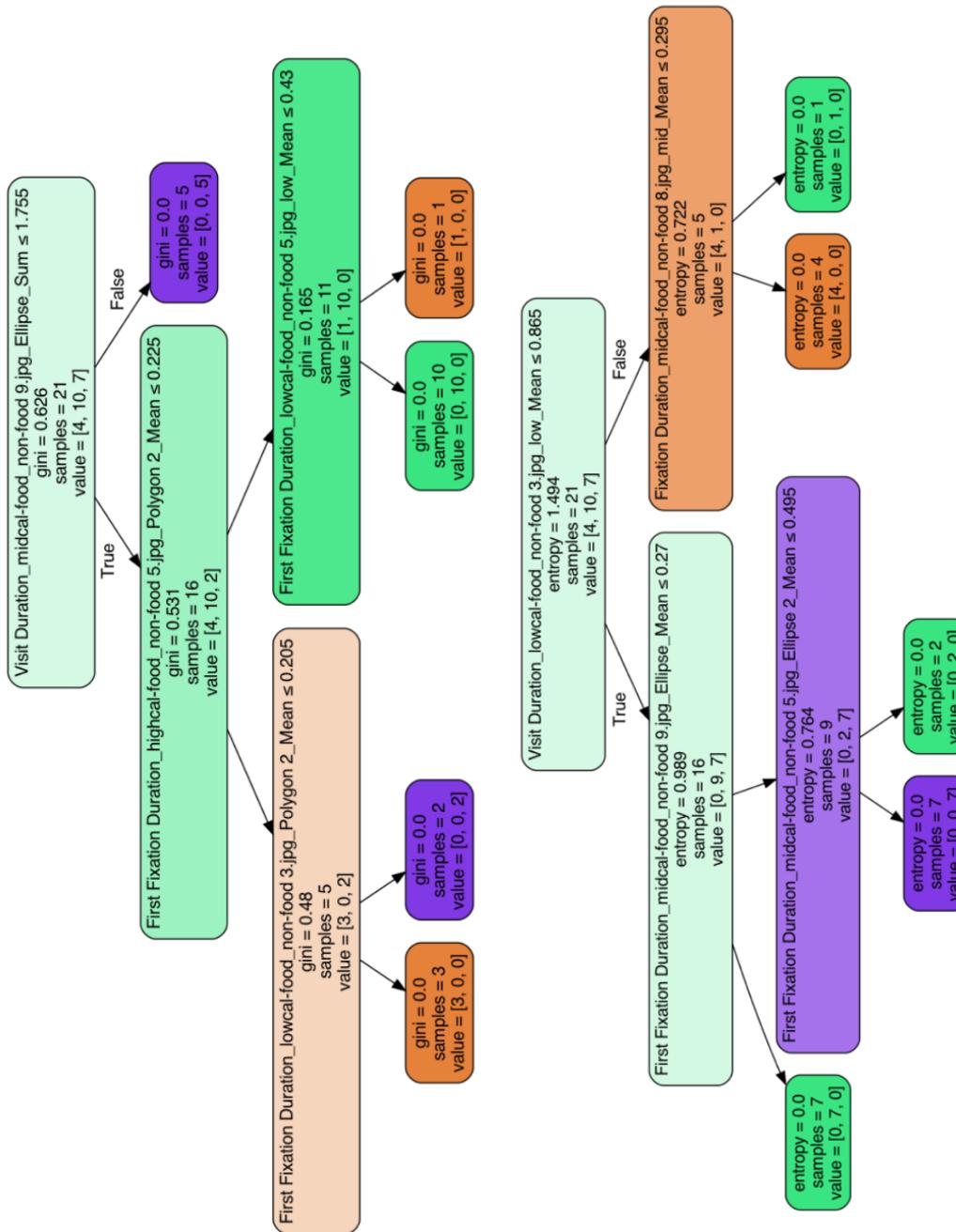


图 10 161 条特征下基尼系数和熵的决策树可视化

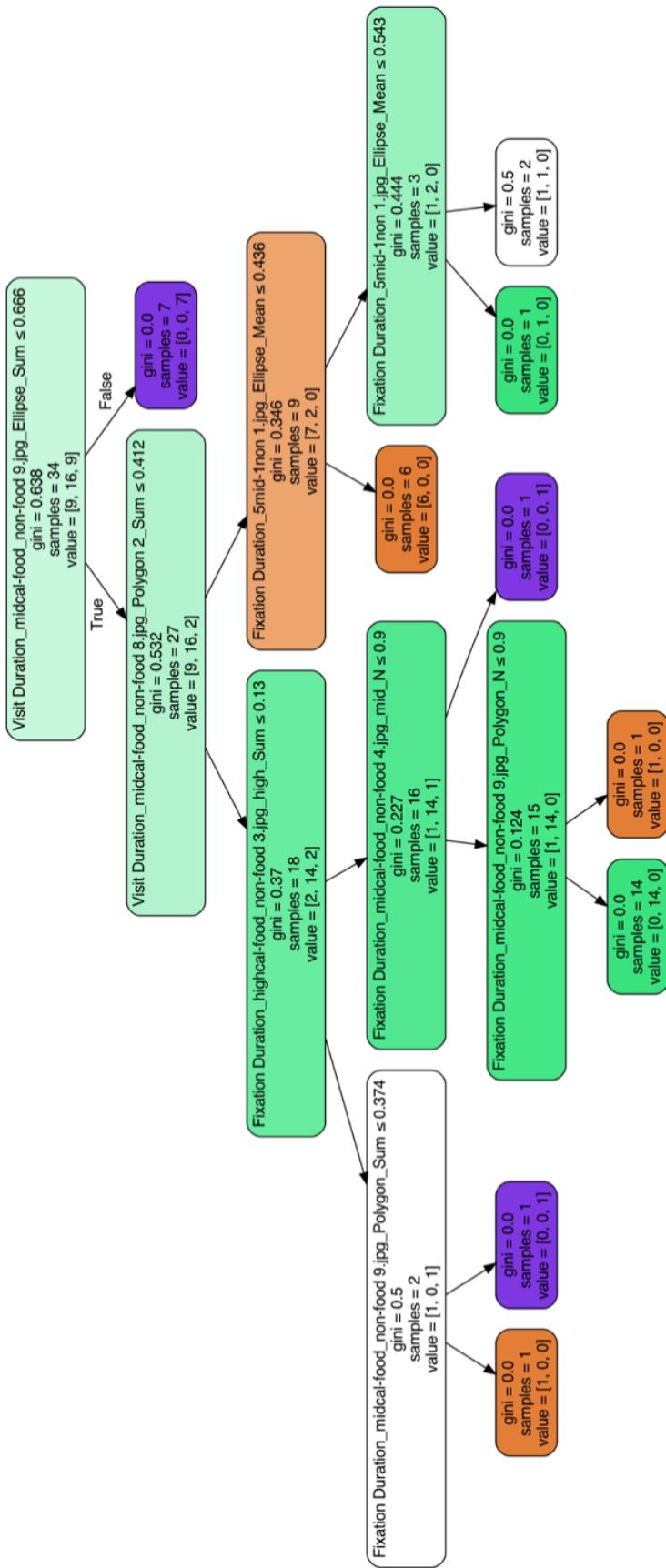


图 11 25 条特征下基尼系数的决策树可视化

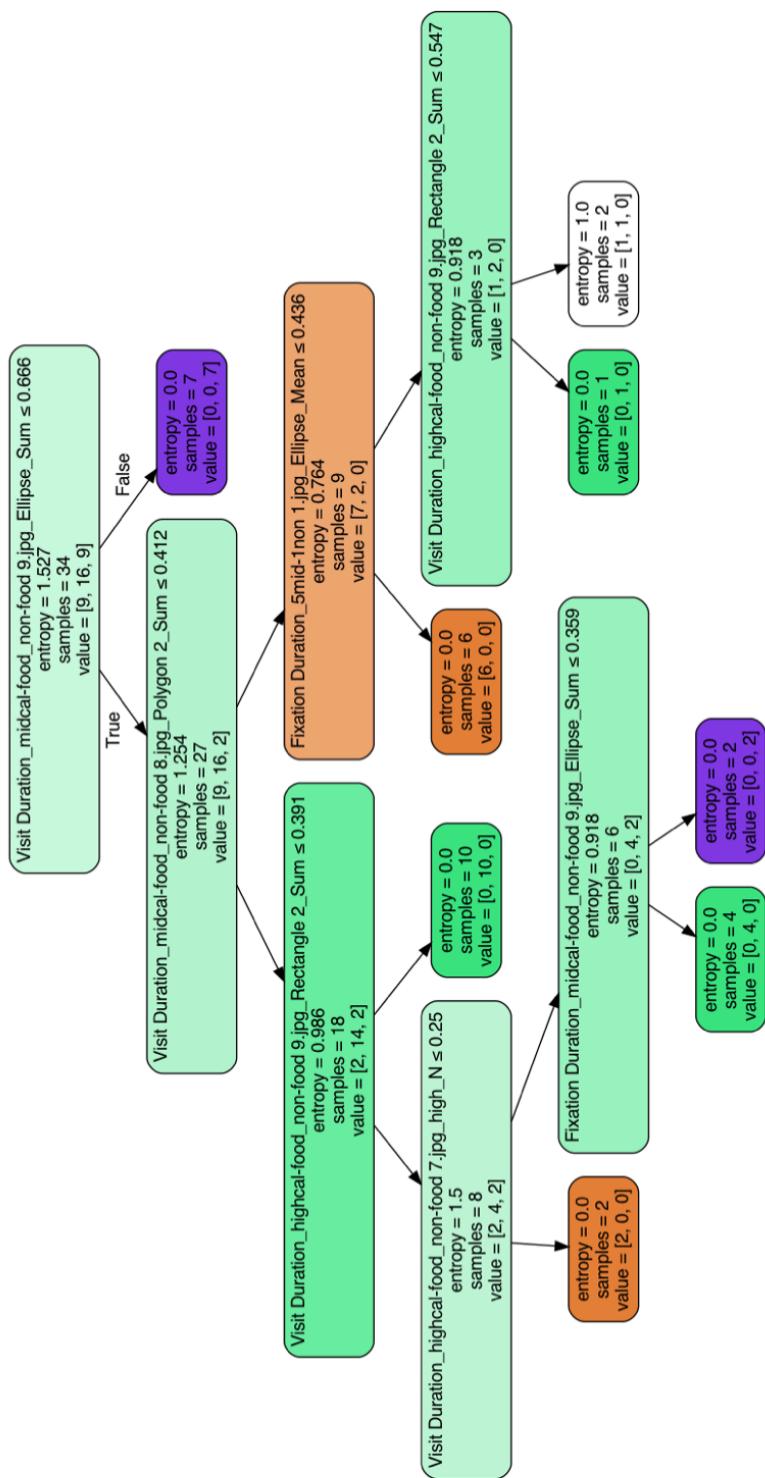


图 12 25 条特征下熵的决策树可视化

## 2. 结果分析

对不同筛选力度的特征选取指标，分别采用三种不同的数据预处理方法，进行对比，都以均方误差（Mean Squared Error, MSE）为衡量指标，将试验结果整理为表格如下：

表11 各分类模型在不同数据预处理方法下的结果对比

模型	argument	cross_val_score (cv=2)				T or F significant (161, 21)				T significant (45, 31)				T significant & F insignificant (25, 34)			
		raw	normalized	normalized	d_normstd	min	max	normalize	d	min	max	normalize	d	min	max	normalize	d_normstd
GaussianNB	default	0.77	0.67	0.76	1.00	1.10	0.68	0.65	0.61	0.65	0.88	0.65	0.61	0.53	0.55	0.59	0.47
MultinomialNB	default	0.42	0.52	0.48	0.67	0.67	0.52	0.55	0.55	0.52	0.53	0.52	0.53	0.56	0.56	0.56	0.47
SVM	default	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.55	0.55	0.52	0.52	0.52	0.52	0.56	0.56	0.56	0.56
KNN	k=1	1.05	0.61	0.67	0.86	0.57	0.81	0.57	0.57	0.68	0.88	0.68	0.68	0.88	0.88	0.88	0.88
KNN	k=3	1.04	0.80	0.86	1.00	0.95	0.65	0.90	0.90	0.52	0.41	0.41	0.41	0.71	0.71	0.56	0.56
KNN	k=10, weighted	0.52	0.47	0.52	0.57	0.62	0.55	0.81	0.61	0.50	0.65	0.65	0.61	0.50	0.50	0.50	0.47
RadiusNN	n_neighbors=2, radius=50.0	0.52	0.47	0.52	0.52	0.52	0.52	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53
RandomForest	default	0.47	0.52	0.81	0.95	0.71	0.71	0.58	0.65	0.65	0.68	0.68	0.68	0.56	0.56	0.59	0.59
DecisionTree	gini	1.34	0.71	1.32	1.24	1.05	1.29	0.84	0.58	0.58	1.00	1.00	1.00	0.94	0.94	0.94	0.94
DecisionTree	entropy	0.89	1.10	0.81	0.81	1.19	0.94	0.77	0.77	0.77	0.79	0.79	0.79	1.00	1.00	0.62	0.62
RandomGuess	Baseline					(4,10,7) 1.19				(8,14,9) 1.22				(9,16,9) 1.20			

由表 11 左侧可见，对于以 T 或 F 显著性差异作为筛选指标而言，在 cross\_val\_score 评价下，对于未经过归一化处理的数据，先验为多项式分布的朴素贝叶斯模型的分类效果最佳，可以达到 0.42 的分值；对于经过归一化处理的数据，加权 10 近邻模型的分类效果最佳，可以达到 0.47 的分值；在 leave\_one\_out 评价下，先验为多项式分布的朴素贝叶斯模型的分类效果最佳，可以达到 0.48，相比于随机分类下 1.19 的均方误差有显著的提升。

更换为更严格特征的选取的指标后，模型效果并无显著变化，甚至在 F 非显著和 T 显著性差异的指标下，三近邻模型的预测精度还略有提升。在 leave\_one\_out 评价下，对于以 T 显著性差异作为筛选指标而言，先验为多项式分布的朴素贝叶斯模型的分类对归一化数据、最近邻模型对于归一化未经标准差处理的数据、SVM 和三近邻模型对于最大最小映射到[0,1]区间处理的数据的效果最佳，可以达到 0.52，相比于随机分类下 1.22 的均方误差有显著的提升；对于以 F 非显著性差异和 T 显著性差异作为筛选指标而言，三近邻模型对于归一化数据的效果最佳，可以达到 0.41，显著低于随机分类下 1.20 的均方误差。

### 2.2.2. 回归模型

#### 1. 结果分析

选用进食障碍问卷总分作为回归目标，选用基本信息（性别、BMI、体脂率、饥饿程度）与总分相关系数的绝对值大于等于 0.3 的特征作为回归特征。对所有特征进行最大最小值映射到[0,1]区间的预处理，采用 leave\_one\_out 遍历测评模型。实验结果如下：

表 12 各回归模型的结果对比

模型	argument	MSE
LinearRegression	default	5613.36
SVR	kernel='linear'	1339.92
SVR	kernel="poly"	777.04
SVR	kernel="rbf"	1397.19
KNR	weights="uniform"	1120.64
KNR	weights='distance'	1105.15

DecisionTree	default	966.69
RandomForest	default	698.38
ExtraTrees	default	657.74
GradientBoosting	default	617.29

从结果来看，各回归模型的效果都显著高于线性回归的基准，其中 Gradient Boosting 回归模型的效果最佳，MSE 为 617.29，RMSE 为 24.85，是问卷总分 ( $64 \times 6 = 384$ ) 的 6.47%，比较精确。误差在 10 分以内有 8 例 (23.53%)，20 分之间以内有 17 例 (50%)，30 分以内有 27 例 (79.41%)。对于预测结果再次按照总分值分类为低、中、高进食障碍患病风险三类，其 MSE 为 0.41，优于上述实验中的所有分类模型。

表 13 Gradient Boosting 回归模型预测结果分析

True score	Predicted Score	Error	Predicted Class	class
140	184.29	-44.29	0	0
157	190.01	-33.01	1	0
161	185.21	-24.21	0	0
166	183.87	-17.87	0	0
172	193.07	-21.07	1	0
173	189.62	-16.62	1	0
178	198.27	-20.27	1	0
182	169.6	12.4	0	0
185	197.93	-12.93	1	0
188	184.08	3.92	0	0
191	192.1	-1.1	1	1
191	205.79	-14.79	1	1
191	189.79	1.21	1	1
195	170.77	24.23	0	1
195	195.69	-0.69	1	1
197	191.76	5.24	1	1
198	185.06	12.94	0	1
199	193.33	5.67	1	1
205	181.72	23.28	0	1
206	191.72	14.28	1	1
209	206.36	2.64	1	1
211	229.87	-18.87	2	1
212	172.94	39.06	0	1
213	201.86	11.14	1	1
216	253.55	-37.55	2	1

223	215.3	7.7	1	1
234	260.06	-26.06	2	2
245	195.5	49.5	1	2
248	221.57	26.43	1	2
254	197.49	56.51	1	2
258	282.52	-24.52	2	2
279	257.13	21.87	2	2
286	259.6	26.4	2	2
293	254.24	38.76	2	2

## 2. 特征选取合理性分析

为了验证特征选取的合理性，控制使用 Gradient Boosting 回归算法，进行了多种特征选取和多种预测目标的实验。表头中第一行代表特征选取指标，第二行左边的数字表示该指标下筛选出的特征数量、右边表示该指标下选取下无数据缺失的被试样本量。

表 14 不同特征筛选条件下的 Gradient Boosting 回归模型预测结果

特征	corr_total >0.3	corr_total >0.2	corr_bulimia >0.3	corr_bulimia >0.2
预测值	14 / 34	96 / 16	19 / 33	84 / 17
total	617.29	1825.62	1321.82	/
Bulimia	36.61	/	17.8	27.4

用与总分相关系数高于 0.3 的特征对贪食 (Bulimia) 子量表进行预测，MSE 为 36.61，RMSE 为 6.05，是贪食分量表总分的 14.41%，而改用与贪食分量表总分相关系数的绝对值大于等于 0.3 的特征后 MSE 为 17.80，RMSE 为 4.22，是贪食分量表总分的 10.05%。同样的，用与贪食分量表总分相关系数的绝对值大于等于 0.3 的特征预测进食障碍量表总分，其效果也显著劣于用与总分相关系数高于 0.3 的特征预测。说明特征与预测值的相关系数比较能体现其在回归模型中的效果。

而横向对比，用与进食障碍量表总分相关系数的绝对值高于 0.2 的特征预测进食障碍量表总分，其效果也显著劣于用与总分相关系数绝对值高于 0.3 的特征预测；同样的，在贪食分量表上也有类似的结果。究其原因，可能是放宽相关系数要求会导致选用的特征数量增多，而选用的特征越多，有数据缺失需要删去的无效被试数据也变多，因此可以用于训练模型的数据变少；模型复杂度

变高而可用数据变少，导致预测效果不佳；同时，在传统模型中对各个特征的重要性一视同仁，没有加权重以区分重要度，因此特征过多会导致失去重点，无效噪声信息过多。

对比总量表的特征和贪食分量表的特征，构成上基本一致，都以 Duration 类型的数据为主。鱼总量表得分最相关的特征主要包括低卡路里对照组的 Time to First Fixation、Fixations Before，中卡路里的 Fixation Duration，高卡路里的 Visit Duration；与贪食分量表最相关的特征主要包括低卡路里对照组的 Time to First Fixation、Fixations Before，低、中、高卡路里的 Fixation Duration，低、高卡路里的 Visit Duration；均以 Duration 类型为主。

对此，可能的解释是：Time to First Fixation 可以表达对于食物的敏感程度，而 Duration 可以表达对于食物的关注程度。对于中高卡路里食物，大家都会天然地加以关注，即对于炸鸡的敏感是普遍的，不能用于区分进食障碍患者；而对于低卡路里食物的敏感是进食障碍患者特有的，因为许多进食障碍患者有节食行为，严格控制进食卡路里，因此对于低卡路里食物也非常敏感和熟悉，而普通人群不具有这种特质。进食障碍患者由于长期处于饥饿状态，会对食物有极高的关注：在餐桌上他们总会清楚地知道食物的流向，对食物和进食的关注度超过了正常的范畴，因此很多 Duration 类型的特征都与进食障碍问卷总分有显著的相关

### 3. 结论

1. 招募被试时没有透露实验目的，即没有刻意筛选“进食障碍患者”参与实验，面向人群为北京大学在校生；而该部分被试中得分超过中国的厌食症患者的总表得分均分（222.62）有 30%（15/50）。这说明大学生为进食障碍患病高风险人群，存在大量存在患者，需要重视相关的预防和诊治。
2. 进食障碍高风险人群和低风险人群在性别和 BMI 上无显著性差异。虽然本次实验样本数量有限，且参与的男女比例不均衡（男性 15 人，女性 35 人），但是也说明了进食障碍高风险人群不一定体重失衡、也不一定是女性，很难通过外观来筛查进食障碍高风险患者。

3. 视觉搜索任务和自由探索任务表明人们都天然地对高热量的食物更加敏感，且会对高热量的食物更加回避。进食障碍者跟对照组在中高热量食物的反应上没有显著差异（都比较敏感），但是对于低热量食物，进食障碍者会比较显著地多加关注。
4. 食物敏感度测试中进食障碍组的预测精度都高于对照组，从一定程度上反映出进食障碍者对于食物更敏感。对于高卡路里食物，进食障碍者和普通人都比较敏感，因而无显著差异；但是对于中低卡路里食物，进食障碍者有比常人更高的灵敏度。这种高灵敏度在进食障碍者中普遍存在，而在对照组中个体差异较大。
5. 在体型评估任务中，对照组与进食障碍在低估或者高估自身体型的人数上几乎一致，且对照组的估计精度较低。这与传统研究中认为进食障碍者对身体体型认知有较大的偏差这一说法不符。可能的解释是患者的身体变形障碍只有面对自己身体的影像（照片、镜子、视频等）时才有比较明显的症状；在观察标准身体和他人身体时没有特别明显的高估体型的倾向。即进食障碍患者是对自身体型的扭曲是在视觉处理过程中造成的，而不是在心理上对自身形体的印象不客观。
6. 由于数据样本量太少，且原始数据信息过于稀疏，深度学习模型在该问题上效果不佳。机器学习的分类和回归模型都有不错的预测效果。其中，特征在低风险和高风险组之间的 T 和 F 显著性差异比较能体现其在分类模型中的效果。特征与预测值的相关系数比较能体现其在回归模型中的效果。这些有效特征中，以低卡路里食物的 Time to First Fixation 和各类食物的 Duration 类型为主。

Time to First Fixation 可以表达对于食物的敏感程度，对于中高卡路里食物的敏感是普遍的，而对于低卡路里食物的敏感是进食障碍患者特有的。

Duration 可以表达对于食物的关注程度，进食障碍患者由于长期处于饥饿状态，会对食物有极高的关注，很多 Duration 类型的特征都与进食障碍问卷总分有显著的相关。

7. 放宽特征筛选要求会导致选用的特征数量增多，模型复杂度变高而可用数据

变少，造成预测效果不佳。

8. 选用 F 非显著性差异和 T 显著性差异的特征作为分类特征，采用 3 近邻模型对于归一化数据的分类效果最佳。选用基本信息和与总分相关系数的绝对值大于等于 0.3 的特征作为回归特征，采用 Gradient Boosting 回归模型的回归效果最佳。

# 第五章 总结与展望

本次实验受各种条件限制，还有以下不足和改进之处：

## 1. 增加样本数量

本次实验中采集的被试数量非常有限，虽然数据量与相关的心理学研究基本保持一致，但是对于机器学习和深度学习任务来说都还不够。更强的结论和更可靠的模型可能需要更多的数据，与临床结合，采集到更多高风险患者的眼动信息。

## 2. 更好地控制变量

### 2.1 检测结果的差异

本次实验的被试中有眼球震颤患者，其眼动数据丢失严重。同时，佩戴眼镜会一定程度上导致数据缺失率增加。这样的外部因素导致了不同被试的数据采集准确率和丢失率的差异。

### 2.2 食物偏好的差异

被试在某刺激下的眼动表现可能与他是否喜欢这个食物相关。对各种选取指标下相关特征的分析表明，同一类目下（相同刺激类型且相同食物类型）的每张不同的食物图片会呈现不同的筛选结果。这可能与被试对食物的偏好有关。

### 2.3 饥饿程度的差异

在问卷中要求被试自评当前的饥饿程度，由 0 分（非常饿）到 10 分（非常饱）打分。测试发现饥饿程度与完美主义分量表得分和 BMI 指数有较高的相关性；与各类眼动指标都有一定的相关性，其中与高卡路里食物

相关的特征有 19 个，中卡路里 11 个，低卡路里 27 个；即这种相关在低卡路里食物上大于高卡路里大于中卡路里。这指标与进食障碍高风险人群的特异指标类似。

表 15 饥饿程度相关特征表

眼动指标	刺激类型	食物类型（高、中、低卡路里）	数量
Time to First Fixation	非食物干扰物中的食物目标	高	1
	中的食物目标	中	2
		高	3
Fixations Before	食物-非食物	中	2
		低	4
	非食物干扰物中的食物目标	高	1
First Fixation Duration	食物-非食物	高	5
		低	5
	非食物干扰物中的食物目标	低	1
Fixation Duration		高	2
	食物-非食物	中	2
		低	1
Visit Duration	非食物干扰物中的食物目标	低	1
		高	4
	食物-非食物	中	3
		低	7
Food Targets	食物干扰物中的非食物目标	低	1
	非食物干扰物中的食物目标	低	1
		高	3
Food-NonFood Targets	食物-非食物	中	2
		低	6
	食物干扰物中的非食物目标	低	1

### 3. 探索其他非临床预防和诊断的方法

随着智能手表、运动手环等可穿戴设备的普及，佩戴者的心率、体表温度、皮肤电等信息可以很容易地被 iWatch、小米运动手环等记录下来，这样的生理数据也有可能作为一种进食障碍的预测手段。

## 参考文献

- [1] J. J. Thomas and K. R. Becker, "Some of the Burden of Eating Disorders is Still Hidden," *The Lancet Psychiatry*, vol. 8, no. 4, Apr. 2021, doi: 10.1016/S2215-0366(21)00080-8.
- [2] Vos T, Lim SS, Abbafati C, and et al., "Global Burden of 369 Diseases and Injuries in 204 Countries and Territories, 1990–2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019," *Lancet Psychiatry*, vol. 396, pp. 1204–1222, 2020.
- [3] V. Aspen, A. M. Darcy, and J. Lock, "A Review of Attention Biases in Women with Eating Disorders," *Cognition & Emotion*, vol. 27, no. 5, Aug. 2013, doi: 10.1080/0269931.2012.749777.
- [4] D. M. Garner, M. P. Olmstead, and J. Polivy, "Development and Validation of a Multidimensional Eating Disorder Inventory for Anorexia Nervosa and Bulimia," *International Journal of Eating Disorders*, vol. 2, no. 2, pp. 15–34, 1983, doi: 10.1002/1098-108X(198321)2:2<15::AID-EAT2260020203>3.0.CO;2-6.
- [5] D. M. Garner, M. P. Olmsted, and J. Polivy, "The Eating Disorder Inventory: A Measure of Cognitive-Behavioral Dimensions of Anorexia Nervosa and Bulimia," *International Journal of Eating Disorders*, vol. 2, pp. 173–184, 1983.
- [6] 韩玉昌, "眼动仪和眼动实验法的发展历程," *心理科学*, vol. 23, no. 4, pp. 454–457, 2000.
- [7] 程时伟, 孙志强, "用于移动设备人机交互的眼动跟踪方法," *计算机辅助设计与图形学学报*, no. 8, pp. 1354–1361, 2014.
- [8] J. Kerr-Gaffney, A. Harrison, and K. Tchanturia, "Eye-Tracking Research in Eating Disorders: A Systematic Review," *International Journal of Eating Disorders*, vol. 52, no. 1. John Wiley and Sons Inc., pp. 3–27, Jan. 01, 2019. doi: 10.1002/eat.22998.
- [9] 李松子, "情绪诱发状态下情绪化进食者对食物注意偏向的研究—来自眼动研究的证据," *四川师范大学 Doctoral dissertation*, 2016.
- [10] R. Schmidt, P. Lüthold, R. Kittel, A. Tetzlaff, and A. Hilbert, "Visual Attentional Bias for Food in Adolescents with Binge-Eating Disorder," *Journal of Psychiatric Research*, vol. 80, pp. 22–29, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.jpsychires.2016.05.016.
- [11] S. Baldofski, P. Lüthold, I. Sperling, and A. Hilbert, "Visual Attention to Pictorial Food Stimuli in Individuals with Night Eating Syndrome: An Eye-Tracking Study," 2017. [Online]. Available: [www.elsevier.com/locate/bt](http://www.elsevier.com/locate/bt)
- [12] A. Jansen, C. Nederkoorn, and S. Mulkens, "Selective Visual Attention for Ugly and Beautiful Body Parts in Eating Disorders," *Behaviour Research and Therapy*, vol. 43, no. 2, pp. 183–196, Feb. 2005, doi: 10.1016/j.brat.2004.01.003.
- [13] A. Bauer *et al.*, "Selective Visual Attention Towards Oneself and Associated State Body Satisfaction: An Eye-Tracking Study in Adolescents with Different Types of Eating Disorders," *Journal of Abnormal Child Psychology*, vol. 45, no. 8, pp. 1647–1661, Nov. 2017, doi: 10.1007/s10802-017-0263-z.
- [14] A. Phillipou, S. L. Rossell, C. Gurvich, D. J. Castle, N. F. Troje, and L. A. Abel, "Body Image in Anorexia Nervosa: Body Size Estimation Utilizing A Biological Motion Task and

- Eye-Tracking,” *European Eating Disorders Review*, vol. 24, no. 2, Mar. 2016, doi: 10.1002/erv.2423.
- [15] I. Kollei, S. Horndasch, Y. Erim, and A. Martin, “Visual Selective Attention in Body Dysmorphic Disorder, Bulimia Nervosa and Healthy Controls,” *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 92, pp. 26–33, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jpsychores.2016.11.008.
- [16] E. Sharpe, D. J. Wallis, and N. Ridout, “The Influence of Variations in Eating Disorder-Related Symptoms on Processing of Emotional Faces in A Non-Clinical Female Sample: An Eye-Tracking Study,” *Psychiatry Research*, vol. 240, pp. 321–327, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.psychres.2016.04.065.
- [17] L. Schulze, G. Domes, D. Köppen, and S. C. Herpertz, “Enhanced Detection of Emotional Facial Expressions in Borderline Personality Disorder,” *Psychopathology*, vol. 46, no. 4, pp. 217–224, Jun. 2013, doi: 10.1159/000341730.
- [18] 张大荣, 孔庆梅, “EDI-1量表对神经性厌食症患者的初步测试,” *中国心理卫生杂志*, vol. 18, no. 001, pp. 48–50, 2004.

## 附录 进食障碍问卷(EDI)

您好！这是一项关于您日常生活感受的调查，请根据您的实际情况，凭第一反应对每一题作答，答案并无对错之分。为保证研究的科学性，请您在回答问题时，注意以下几个方面：

- 1、本测验只用于科研，没有任何别的用途，因此您不必顾虑。
- 2、本测验没有时间限制，但对测验题不必多费时间反复考虑，只要认真阅读问题后，实事求是地选择最符合你的实际情况的答案就可以。
- 3、本测验共三个部分，务必回答每一测试题，不要漏题，谢谢您的合作。  
请如实填写以下符合您的情况

### 第一部分

1、性别 [单选题] \*

- 男  
女

2、年龄 [单选题] \*

- 18 及以下  
19-24  
25 及以上

3、社会状态 [单选题] \*

- 在读  
就业  
休学  
其他

6、身高(cm) [填空题] \*

7、体重(kg) [填空题] \*

---

8、实验编号 [填空题] \*

---

9、婚恋状况 [单选题] \*

- 已婚
- 未婚但正在恋爱
- 未婚且非恋爱状态

请评估你现在的饥饿程度 [单选题] \*

- 非常饿
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 非常饱

## 第二部分

以下题目选项均为：

A.从不 Never; B.很少 Rarely; C.有时 Sometimes; D.时常 Often; E.经常 Usually; F.总是 Always

1、我吃甜食和主食时不会感到紧张。I eat sweets and carbohydrates without feeling nervous. [单选题] \*

2、我觉得我的肚子太大。I think that my stomach is too big. [单选题] \*

3、我希望能够回到具有安全感的童年时代。I wish that I could return to the security of childhood. [单选题] \*

4、当情绪低落时我就吃东西。I eat when I am upset. [单选题] \*

5、我让自己拼命吃东西。I stuff myself with food. [单选题] \*

6、我希望我能变得更年轻一些。I wish that I could be younger. [单选题] \*

7、我考虑过节食。I think about dieting. [单选题] \*

8、当我情绪难以控制的时候我感到恐惧。I get frightened when my feelings are too strong. [单选题] \*

9、我觉得自己的大腿太粗。I think my thighs are too large. [单选题] \*

10、我觉得自己很无能。I feel ineffective as a person. [单选题] \*

11、当我吃饭过多时我觉得非常内疚。I feel extremely guilty after overeating.  
[单选题] \*

12、我觉得我的腹部胖瘦适中。I think that my stomach is just the right size. [单选题] \*

13、在我的家庭中，只有非常突出的表现才能得到认可。Only outstanding performance is good enough in my family. [单选题] \*

14、我认为人一生中最快乐的就是童年时代。The happiest time in life is when you are a child. [单选题] \*

15、我会向别人坦诚的表达自己的想法。I am open about my feelings. [单选题]  
\*

16、我非常害怕体重增加。I am terrified of gaining weight. [单选题] \*

17、我信任别人。I trust others. [单选题] \*

18、我觉得自己很孤独。I feel alone in the world. [单选题] \*

19、我对我的体型满意。I feel satisfied with the shape of my body. [单选题] \*

20、我通常能够处理巧生活中遇到的事。I feel generally in control of things in my life. [单选题] \*

21、我不清楚自己的情绪状态。I get confused about what emotion I am feeling.

[单选题] \*

22、我宁愿自己是一个成人而不是儿童。I would rather be an adult than a child.

[单选题] \*

23、我很容易与别人交流。I can communicate with others easily. [单选题] \*

24、我希望自己变成另外一个人。I wish I were someone else. [单选题] \*

25、我夸大或放大了体重的重要性。I exaggerate or magnify the importance of weight. [单选题] \*

26、我很明了自己的情绪状态。I can clearly identify what emotion I am feeling.

[单选题] \*

27、我觉得自己不完美。I feel inadequate. [单选题] \*

28、我曾经暴饮暴食到觉得自己无法停止。I have gone on eating binges where I have felt that I could not stop. [单选题] \*

29、在儿童期间，为了不让父母和老师失望，我努力做好每一件事情。As a child, I tried very hard to avoid disappointing my parents and teachers. [单选题] \*

30、我有很亲近的朋友。I have close relationships. [单选题] \*

31、我对自己臀部的形状很满意。I like the shape of my buttocks. [单选题] \*

32、我非常渴望变得更瘦。I am preoccupied with the desire to be thinner. [单选题] \*

33、我不清楚体内发生了什么变化。I don't know what's going on inside me. [单选题] \*

34、我不能很好地向别人表达自己的情绪感受。I have trouble expressing my emotions to others. [单选题] \*

35、我觉的人们对成人的要求太高了。The demands of adulthood are too great. [单选题] \*

36、做任何事情我都试图做的最好。I hate being less than best at things. [单选题] \*

37、我对自己有安全感。I feel secure about myself. [单选题] \*

38、我会想狂吃。I think about bingeing (overeating). [单选题] \*

39、我高兴自己不再是一个孩子。I feel happy that I am not a child anymore. [单选题] \*

40、我不清楚自己是否饥饿。I get confused as to whether or not I am hungry. [单选题] \*

41、我对自己评价很低。I have a low opinion of myself. [单选题] \*

42、我觉得我能达到自己的标准。I feel that I can achieve my standards. [单选题] \*

43、我的父母期望我会很出色。My parents have expected excellence of me. [单选题] \*

44、我担心自己的情绪会失控。I worry that my feelings will get out of control. [单选题] \*

45、我觉得我的臀部太大了。I think my hips are too big. [单选题] \*

46、我在别人面前吃饭不多，别人走后就会大吃大喝。I eat moderately in front of others and stuff myself when they're gone. [单选题] \*

47、我吃了一点食物就会觉得胃胀。I feel bloated after eating a small meal. [单选题] \*

48、我觉得人们最快乐的时光是童年时期。I feel that people are happiest when they are children. [单选题] \*

49、如果我的体重增加一斤，我就会担心再胖下去。If I gain a pound, I worry that I will keep gaining. [单选题] \*

50、我觉得自己是一个有价值的人。I feel that I am a worthwhile person. [单选题] \*

51、当我情绪不好时，我分不清我的感觉是伤心、恐惧、还是生气。When I am upset, I don't know if I am sad, frightened or angry. [单选题] \*

52、我做事必须十全十美，要不就干脆不做。I feel that I must do things perfectly or not do them at all. [单选题] \*

53、我想过用催吐的方法减轻体重。I have the thought of trying to vomit in order to lose weight. [单选题] \*

54、我需要跟别人保持一定的距离(如果别人试图靠近我，我会觉得别扭)。I need to keep people at a certain distance (I feel uncomfortable if someone tries to get too close). [单选题] \*

55、我对自己大腿的粗细程度满意。I think that my thighs are just the right size. [单选题] \*

56、我觉得自己的内心很空虚(情感方面)。I feel empty inside (emotionally). [单选题] \*

57、我能够很自然的谈论自己的想法或感受。I can talk about personal thoughts or feelings. [单选题] \*

58、我觉得人生中最美好的时光是长大成人。The best years of your life are when you become an adult. [单选题] \*

59、我觉得我的臀部太大了。I think that my buttocks are too large. [单选题] \*

60、我会产生一些自己也辨别不清楚的感觉。I have feelings I can't quite identify. [单选题] \*

61、我会秘密地偷偷吃喝。I eat or drink in secrecy. [单选题] \*

62、我对自己臀围的尺寸满意。I think that my hips are just the right size. [单选题] \*

63、我有非常远大的理想。I have extremely high goals. [单选题] \*

64、情绪低落时，我担心自己会开始吃东西。When I am upset, I worry that I will start eating. [单选题] \*

您认为下列哪种方法能更好得应对进食障碍（或者假如您被进食障碍所扰，您会选择下列哪种方式应对）？ [单选题] \*

- 立即去医院就诊或向专业心理医生求助
- 自己私下查阅相关资料积极克服
- 向家人、朋友倾诉并寻求帮助
- 先看看情况，说不定过段时间自己就好了

# 本科期间的主要工作和成果

本科期间参加的主要科研项目

1. 编程教育的普及. 本科生科研. 指导老师: 贾积有.

期刊:

1. 贾积有, 芮静姝. "农村中学生编程能力的现状、实践与提升路径 —— 以北京大学暑假学生实践活动为例", 《数字教育》期刊, 第 6 卷, 第 4 期, 2020 年 8 月, 第 61-66 页.

会议论文:

1. 芮静姝. "信息技术的新时代 —— 从信息技术教师的角度窥视浙江省高考改革和信息技术课程改革". 中国教育技术协会信息技术教育委员会第十五届年会论文, 宁夏, 2019 年 7 月.

## 致谢

本科四年过得飞快，又到了总结和离开的时候。思绪纷飞，一时竟不知如何落笔。四年里酸甜苦辣皆为品尝，所幸的是有身边人们的陪伴和鼓励，要感谢的人和事实在太多。

感谢家人的关心和陪伴。选择这个论文题目对我来说算是跨过了心里的一道坎，因为我也曾是一名进食障碍患者。初入北大，同辈的优秀无疑给我带来了很多的压力，我通过对体重的严格控制来抵抗生活上的失控感；然而，事情走向极端往往会矫枉过正，我渐渐地没有办法与食物和平相处，身体和精神都深受折磨。终于，在认识到自己可能患上了进食障碍之后，我鼓起勇气向父母坦诚相告。感谢妈妈一直站在我身边，耐心地安抚我的情绪失控，陪我一点点战胜进食障碍；你为我承受了太多，是你的坚强和乐观给了我不断战胜困难的勇气，能做你的女儿是我的荣幸。爸爸虽然有些固执，却从不会让我怀疑对我无条件的爱。爷爷奶奶逢年过节变着法子给我零花钱；我常年不在你们身边，你们只能通过支付宝的转账留言和极为克制的微信来表达你们的惦念，这何尝不是我的惭愧。从初中开始我就一直在外求学，离家越来越远，从县城到市区到省会到首都，马上又要飞越重洋；我总是忙着奔赴前程，对家人们真的少了很多陪伴、有许多亏欠。感谢我有一个宽容有爱的家庭，让我时刻感受到坚强的后盾；虽然我不常回来，但家门永远为我敞开。

感谢朋友们的砥砺和帮助。以前我每次升学都是几乎是一个人去到新的学校，但所幸在二中结识的伙伴和战友许多都一起来到了北京。每每遇到困难时，总会被你们的优秀所激励，能和这样一群大气、优秀、有想法且有能力的人同行是我的荣幸；虽然以后我们可能会在五湖四海，希望我们散时满天星，还能常联系、常见面。感谢舍友们的包容。有玩笑话说大学毕业要“感谢舍友不杀之恩”，虽然一开始我们来自不同的地域，生活习惯上有很大的差异，但是慢慢地磨合让我们都更加包容和多元，能有这样一个关系和谐的宿舍也是很幸运的事情。还感谢在国际文化交流协会 SICA、风雷街舞社 FL Crew 和 GBL 认识的伙伴们，来自中东、澳大利亚、西班牙、美国、日本、韩国、马来西

亚、菲律宾、台湾的、学着各个不同专业你们给我带来了全新的视角和观点，让我真的实现了“朋友遍天下”的愿望。

感谢老师们的指点和鼓励。非常幸运在大一遇到傅云义老师这样认真负责、育人育材的老师，不仅给我们学习上的指点，还会单独找我们聊天谈心，毫无保留地分享经验、知无不言。大二重新分班之后，也一直跟傅老师保持着联系。跟陆老师也是很有缘分，从大一暑假的温州学生分享会，到大二的计算机系统概论，加之社会实践和连续三年的招生，时常感恩自己在大学仍然能遇到有这样亲切、谦和、开放包容又没有距离感的老师。还要感谢贾积有老师，我一时兴起想联系教育学院开展本科生科研，老师没有丝毫犹豫就接受了我的请求，此后也给了我很多帮助和提点。谢谢三位老师和核桃编程的总裁曾鹏轩学长在申请季不厌其烦地帮我提交推荐信，还要谢谢加一学姐如此专业的文书修改和指导。感谢崔老师在毕业论文上的指点和帮助。感谢李蔚春老师和陈钧老师，像亲人一样的老师一生能得几回；高山流水，希望能做彼此一辈子的知音。

四年时间不长也不短，虽然还有太多没能探索和尝试的事情，好在也没有什么太大的遗憾，体验过社团、社会实践、支教、招生，去了美国、宁夏、河南、长沙，遇到很多有趣的朋友，找到了舞蹈这个爱好。感谢越来越勇敢的自己，有想法就去落实，仰望星空不忘脚踏实地。感恩所有，希望在伯克利能遇到更精彩的生活和更多的可能性。